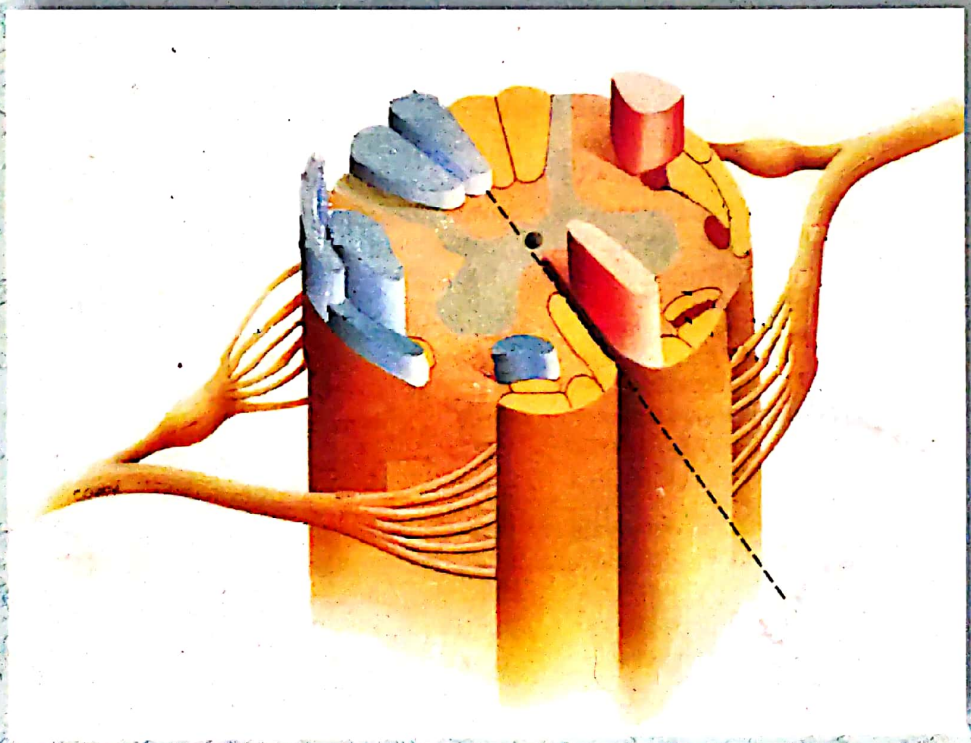
GETA PAVEL

Curs de Fiziologie

Comunicare, control şi integrare în fiziologie



editura Tehnopress

Scanned with OKEN Scanner

GETA PAVEL

Curs de Fiziologie

Prezentul material este destinat studenților Facultății
de Medicină Veterinară

editura
Tehnopress
IAȘI – 2003

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Referenți științifici:

Conf.dr. Gh. SOLCAN
Facultatea de Medicină Veterinară Iaşi
Conf.dr. M. CONDREA
Facultatea de Medicină Veterinară Iaşi

EDITURA TEHNOPRESS
str. Zimbrului nr. 17
700047 Iaşi
Tel./fax: 0232 260092
E-mail: tehnopress@k.ro
Editură acreditată de:
CONSILIUL NAȚIONAL PENTRU CERCETARE
ȘTIINȚIFICĂ ȘI ÎNVĂȚĂMÂNTUL SUPERIOR

ISBN 973-8377-93-5

Introducere

Fiziologia este o ştiinţă fundamentală care constituie, alături de anatomie, biochimie, biologie celulară şi histologie, temelia studiului medicinei în general, inclusiv al medicinei veterinare.

Fiziologia este ştiinţa care studiază funcţiile organismului (fenomenele vitale).

physis (gr.) = natură,
cauze naturale,
principiu vital
logos (gr.) = teorie, discurs,
ştiinţă, studiu, cercetare

Ce este o ştiinţă ? *CUNOAŞTERE PRIN CAUZE.*

Fiziologia este deci cunoaşterea prin cauze a fenomenelor vitale. Fiziologia, ca ştiinţă biologică, răspunde nu numai întrebării din ce cauză se produce un fenomen, ci şi întrebării pentru ce (în ce scop) se produce fenomenul respectiv. Astfel, ideea de finalitate, de adaptare la un scop determinat, caracterizează fenomenele vitale.

In mod clasic, fiziologia organismului ca întreg este o rezultantă a fiziologiei pe aparate şi sisteme aflate în strânsă interdependenţă unele cu altele.

Sintetic, funcţiile organismului sunt împărţite în trei mari grupe:

- funcţii de relaţie, realizate de analizatori, sistemul nervos, musculo-scheletic şi endocrin;
- funcţii de nutriţie: digestia, circulaţia, respiraţia, metabolismul, excreţia;
- funcţia de reproducţie.

Funcţiile de relaţie şi de nutriţie se îndeplinesc în scopul supravieţuirii individului, iar funcţia de reproducţie, în vederea perpetuării speciei.

Actuala avalanşă de informaţii în ştiinţele medicale necesită adoptarea unei noi orientări în studiul disciplinelor fundamentale, şi anume revenirea în permanenţă la imaginea organismului ca întreg şi înţelegerea morfologiei şi a fiziologiei pe baza unor corelaţii clinice.

Fiziologia modernă studiază funcţiile sistemelor organismului grupate astfel:

- *Susţinere şi mişcare*, funcţii realizate de sistemul musculo-scheletic;
- *Comunicare, integrare şi control*, funcţii realizate de analizatori, sistemul nervos şi sistemul endocrin;

Scanned with OKEN Scanner

- *Nutriție, respirație și excreție,* funcții realizate de aparatul digestiv, respirator și excretor (rinichi, piele) și care asigură pe de o parte aportul nutrienților și a oxigenului, iar pe de altă parte eliminarea deșeurilor metabolice;
- *Transport și apărare,* funcții realizate de sistemul cardiovascular, sânge, sistemul limfatic;
- *Reproducție și lactație,* funcții realizate de sistemele de reproducere ale celor două sexe.

Nota

Textul acestui curs cuprinde notiuni generale de fiziologie, notiuni de comunicare, integrare si control (fiziologia sistemului nervos, analizatorilor si a sistemului endocrin) si notiuni despre dinamica organismului (fiziologia muschiului).

IERARHIZAREA CUNOSTINTELOR
⓪ Cunostinte dobandite anterior (necunoasterea lor este eliminatorie)
① Cunostinte simple
② Cunostinte adecvate
③ Cunostinte complementare

Dupa parcurgerea fiziologiei, studentul va dobandi cunostinte de baza (de nivel 0 si 1) si cunostinte specifice (de nivel 2 si 3) necesare gandirii diagnosticului si terapiei in medicina veterinara.

Scanned with OKEN Scanner

CUPRINS

INTRODUCERE III

CAPITOLUL 1. FIZIOLOGIE GENERALĂ 1

NIVELURI DE ORGANIZARE ALE ORGANISMULUI VIU 1
STRUCTURA CHIMICA A ORGANISMELOR VII 2
MORFOFIZIOLOGIA CELULEI 2
EXCITABILITATEA CA PROPRIETATE GENERALA A TESUTURILOR 5
REGLARE SI CONTROL IN FIZIOLOGIE 7

CAPITOLUL 2. FIZIOLOGIA SISTEMULUI NERVOS 9

NOTIUNEA DE INFORMATIE SI SEMNAL 9
ORGANIZAREA GENERALA A SISTEMULUI NERVOS 10
MORFOFIZIOLOGIA NEURONULUI 13
FIZIOLOGIA SISTEMULUI NERVOS SOMATIC (AL VIETII DE RELAȚIE) 21
FIZIOLOGIA SISTEMULUI NERVOS VEGETATIV (AUTONOM) 31
ACTIVITATEA REFLEXĂ A SISTEMULUI NERVOS 38
ACTIVITĂȚI NERVOASE SUPERIOARE 44

CAPITOLUL 3. FIZIOLOGIA ANALIZATORILOR 51

ANALIZATORUL CUTANAT 52
ANALIZATORUL KINESTEZIC 55
ANALIZATORUL VESTIBULAR 58
ANALIZATORUL ACUSTIC 61
ANALIZATORUL VIZUAL 66
ANALIZATORUL OLFACTIV 76
ANALIZATORUL GUSTATIV 78

CAPITOLUL 4. FIZIOLOGIA MUSCHIULUI 81

ORGANIZAREA ȚESUTULUI MUSCULAR 81
FIZIOLOGIA SISTEMULUI MUSCULO-SCHELETIC 83
FIZIOLOGIA MUȘCHIULUI NETED 92

CAPITOLUL 5. FIZIOLOGIA SISTEMULUI ENDOCRIN 95

PRINCIPII GENERALE DE ENDOCRINOLOGIE 95
SISTEMUL HIPOTALAMO-HIPOFIZAR 99
EPIFIZA (GLANDA PINEALĂ) 106
GLANDA TIROIDĂ 108
GLANDELE PARATIROIDE 110
PANCREASUL ENDOCRIN 112
GLANDELE SUPRARENALE 115
FUNCȚIA ENDOCRINĂ A GONADELOR 118

BIBLIOGRAFIE SELECTIVA

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 1

Fiziologie generală

Pentru intelegerea fiziologiei sunt necesare cunostinte de morfologie şi biochimie. Principiile generale de fiziologie se regăsesc la toate nivelurile de organizare ale organismului, de la nivel celular la nivelul organismului ca întreg.

Niveluri de organizare ale organismului viu

Unitatea structurală cea mai simplă care îndeplineşte funcţiile caracteristice menţinerii vieţii este *celula*. Pe măsura dezvoltării lor, celulele devin specializate pentru o anumită funcţie (de exemplu, celula musculară este specializată în dezvoltarea forţei şi realizarea mişcării; celula secretorie este specializată în sinteza şi eliberarea unor produşi de secreţie; celula nervoasă este specializată în generarea şi conducerea influxului nervos, etc.). ①

⓪ NIVELURI DE ORGANIZARE
CELULA
TESUT
ORGAN
SISTEM ORGANIC
ORGANISM

Celulele specializate într-o funcţie se alătură, se interconectează şi dau naştere *ţesuturilor*. Organismul dispune de patru mari grupe de celule diferenţiate şi deci de patru tipuri de ţesuturi: tesutul muscular; tesutul nervos; tesutul epitelial şi ţesutul conjunctiv. ①

Ţesuturile la rândul lor, prin interconexiuni, dau naştere *organelor*. De exemplu, rinichiul este o aglomerare de tuburi mici (formate din ţesut epitelial), vase de sânge (formate din ţesut endotelial, ţesut muscular neted, ţesut conjunctiv), nervi (ţesut nervos) şi este înconjurat de o capsulă externă (alcătuită din ţesut conjunctiv). ①

Organele sunt organizate în subunităţi mici, similare, care toate dezvoltă funcţia organului. Acestea se numesc *unităţi morfo-funcţionale*. De exemplu, pentru rinichi, unitatea morfo-funcţională este nefronul (un rinichi are aproximativ două milioane de nefroni). ①

In sfârşit, un grup de organe care împreună realizează o funcţie globală reprezintă un *aparat sau sistem organic*. De exemplu, sistemul urinar este alcătuit din rinichi, uretere, vezică urinară, uretră; funcţia globală îndeplinită este excreţia (debarasarea organismului de deşeurile nefolositoare). Organismul dispune de

Scanned with OKEN Scanner

mai multe astfel de sisteme organice: digestiv, respirator, circulator, urinar, musculo-scheletic, imunitar, nervos, endocrin, reproducător, tegumentar. ①

Din însumarea sistemelor organice rezultă organismul în totalitate care are ca funcție esențială menținerea propriei vieți.

Structura chimica a organismelor vii

Orice structură vie, de la celulă până la organism ca întreg, are în structura sa 24 elemente chimice (din cele 108 cunoscute). Ele se împart în :

1. *macroelemente* (în cantitate mai mare), din care: 4 elemente de bază care intră în majoritatea structurilor organice (C, O, H, N); 7 elemente minerale dizolvate în lichidele intra- sau extracelulare (Ca, P, S, K, Na, Cl, Mg). ①

2. *microelemente* (în cantități foarte mici, dar absolut necesare) în număr de 13 : Fe, Cu, I, Zn, Mn, Co, Cr, Se, Mo, F, Sn, Si, V (vanadium). ①

Aceste elemente chimice formează combinații moleculare anorganice și organice, care se găsesc în organism în anumite proporții, atât în mediul intracelular, cât și în mediul extracelular. ①

Apa ⓪ indispensabila vietii

⓪**Proteinele** Rol structural si functional

⓪**Glucidele** Rol energetic

⓪**Lipidele** Rol structural si energetic

Substanțele anorganice sunt: apa (indispensabilă vieții) și electroliții care se găsesc sub formă de ioni (cationi - Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, etc.; anioni - Cl^{-}, HCO_3^{-}, etc.). ①

Substanțele organice sunt: proteinele, glucidele și lipidele. ⓪

- *Proteinele* sunt de două feluri: structurale, care formează structurile celulelor; funcționale, care îndeplinesc funcții importante : catalitică (enzimele); de transport (albumina din sânge, proteinele membranare cu rol de "cărăuși"); de reglare (unii hormoni). ①
- *Glucidele* au în primul rând rol energetic, furnizând energia chimică necesară activității celulelor, dar nu sunt excluse rolurile structural și funcțional. ①
- *Lipidele* au un important rol structural, alcătuind membranele tuturor celulelor; de asemenea, au rol energetic, furnizând o parte din energia necesară activității unor țesuturi, și rol funcțional (participă la sinteza unor hormoni). ①

Morfofiziologia celulei

Din punct de vedere structural celula se compune din: membrană, citoplasmă și nucleu.

Membrana celulară este alcătuită dintr-un strat dublu fosfolipidic, având incluse din loc în loc proteine. Ea este considerată un mediator între interiorul celulei și mediul extracelular.

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

①Fosfolipidele membranare:
Permeabilitate selectivă

Fosfolipidele din structura membranei îi asigură o permeabilitate selectivă. Numai anumite substanţe pot traversa liber membrana celulară şi anume: cele cu moleculă mică, liposolubile şi fără încărcătură electrică (H_2O, O_2, CO_2, N_2, etc.). Astfel, membranele biologice sunt considerate membrane semipermeabile. ②

①Proteinele membranare:
Transportori
Enzime
Receptori

Proteinele membranare, comparate de S i n g e r cu nişte "aisberguri care plutesc în marea fosfolipidică", fac posibilă traversarea membranei şi de către substanţele insolubile în lipide, precum şi de cele încărcate electric (ioni). Proteinele din membrana celulară au astfel *rol de transportori*. Alte proteine membranare îndeplinesc *rol de enzime* (de exemplu, adenilatciclaza, ATP-aza etc.) Proteinele extrinseci (de pe faţa externă a membranei) au *rol de receptori* care preiau mesajele chimice din mediul extracelular şi le transmit în interiorul celulei. ①

Schimbul de substanţe prin membrana celulară se poate realiza în două moduri: pasiv (prin difuziune şi osmoză) şi activ (cu ajutorul pompelor ionice).

Transportul transmembranar pasiv se realizează fără consum de energie, moleculele deplasându-se dintr-o parte în alta a membranei celulare datorită diferenţei de concentraţie dintre cele două medii: intracelular şi extracelular.

Transportul pasiv se supune legilor difuziunii şi osmozei. ⓪

①Difuziunea
Transport pasiv al solvitului , fără consum energetic.
Canale ionice
Carriers (cărăuşi)

Difuziunea reprezintă trecerea moleculelor de solvit de la o concentraţie mai mare la o concentraţie mai mică. Difuziunea poate fi: simplă, când moleculele traversează liber membrana; sau facilitată, când transportul moleculelor se realizează cu ajutorul proteinelor transportoare din membrana celulară. ①

Proteinele membranare pot forma adevărate tunele prin care pot traversa membrana substanţele ionice. De aceea au primit numele de *canale ionice*. Ele au mărime şi structură caracteristică pentru fiecare tip de ion; există canale de Na, de K, de Ca, etc. Aceste canale nu sunt permanent deschise. Ele se deschid doar atunci când creşte permeabilitatea membranei pentru ionii respectivi. ②

①Osmoza
Transport pasiv al solventului (apei)
Factorul implicat - presiunea osmotică

In membrana celulară există şi transportori proteici, cunoscuţi sub numele de "*cărăuşi*". Molecula care urmează să fie transportată dintr-o parte în alta a membranei se fixează pe cărăuş, pe un situs specific, iar cărăuşul se deplasează spre faţa opusă a membranei, unde eliberează molecula respectivă.②

Osmoza reprezintă trecerea moleculelor de solvent (apă) de la o concentraţie mai mică la o concentraţie mai mare pentru echilibrarea concentraţiilor de o parte şi de alta a membranei semipermeabile. Forţa care asigură deplasarea apei prin membrana semipermeabilă poartă numele de presiune osmotică. ①

Transportul transmembranar activ presupune traversarea membranei celulare de anumiți ioni sau molecule (solvite) împotriva gradientului de concentrație (de la concentrație mică la concentrație mare). Acest lucru este posibil numai cu cheltuială de energie. ①

La realizarea transportului activ participă proteine specifice care îndeplinesc o dublă funcție: enzimatică și de transport. Inseși proteinele care realizează transportul funcționează și ca enzime care hidrolizează ATP-ul în vederea eliberării energiei necesare transportului. Astfel de proteine au primit denumirea de *pompe ionice*. Pompa ionică prezentă în toate membranele celulare este pompa de Na^+-K^+ (numită și Na-K - ATP-ază). Această pompă transportă Na^+ în afara celulei, iar K^+ în interiorul celulei, cu toate că sodiul se găsește în concentrație mai mare la exterior, iar potasiul în concentrație mai mare în interiorul celulei. ②

①Transport activ
Pompe ionice
Na-K-ATP-aza
Consum energetic

Citoplasma celulară este o masă fluidă ce permite mișcarea intracelulară și conține numeroase organite celulare care îndeplinesc funcții specifice.

Ribozomii sunt adevărate uzine de fabricat proteine, utilizând pentru aceasta mesajul genetic provenit din ADN-ul nuclear și aminoacizii disponibili din citoplasmă. ①

Reticulul endoplasmatic (R.E) este considerat "aparatul circulator" al celulei, deoarece permite migrarea substanțelor din interiorul celulei spre mediul extracelular și invers. Intervine și în sinteza uor substante organice care vor fi cedate mediului extracelular (celulele secretorii). ①

Aparatul Golgi condensează produșii de sinteză în vezicule cu granule de secreție ce vor fi golite în mediul extracelular. ①

Mitocondriile sunt considerate uzinele energetice ale celulei și totodată aparatul respirator al celulei, deoarece utilizează oxigenul în procesul de oxidare a compușilor organici (glucoză, acizi grași) rezultând energie stocată sub formă de ATP. ①

Lizozomii reprezintă aparatul de digestie intracelulară: enzimele lizozomale digeră particulele străine pătrunse în celulă sau resturile celulare. ①

⓪ ORGANITE CELULARE
RIBOZOMI: Sinteze proteice
R.E. – "aparat circulator"
A.G. – vezicule secretorii
MITOCONDRII: "uzine energetice"
LIZOZOMI: digestie intracelulară
MICROTUBULI: aparat contractil

Citoplasma celulară conține și un adevărat *aparat contractil* reprezentat de microtubuli și microfilamente proteice care asigură mișcarea intracelulară; de asemenea, în citoplasma celulelor se găsesc și *incluzii citoplasmatice* reprezentate de granule de glicogen, vacuole lipidice, etc. ①

Nucleul celulei foarte bine individualizat și separat de restul celulei printr-o membrană nucleară, conține genomul care păstrează zestrea ereditară a organismului. Nucleul asigură diviziunea celulară și comandă sinteza proteică.

⓪ NUCLEUL CELULAR
Conține genomul
Realizează diviziunea celulei
Comandă sinteza proteică

Manifestările vietii la nivel celular corespund celor trei grupe de funcții ale organismului ca întreg. Acestea sunt :
- metabolismul celular, ce corespunde funcțiilor de nutriție;
- mișcarea (dinamica) celulară, ce corespunde funcțiilor de relație;

Scanned with OKEN Scanner

- diviziunea (multiplicarea) celulară, corespunzătoare funcției de reproducție. ①

Metabolismul celular reprezintă totalitatea transformărilor materiale și energetice care au loc în celulă și schimbul de materie și energie cu mediul extracelular. Metabolismul are două laturi: anabolismul (asimilația) prin care celulele își sintetizează elementele de structură sau de rezervă; catabolismul (dezasimilația) prin care se produce degradarea substratului material în vederea eliberării energiei chimice necesare activității celulare. ①

⓪ **Manifestările vieții celulare:**
Metabolism celular
Dinamica celulară
Diviziunea celulară

Mișcarea (dinamica) celulară. Celula este capabilă să realizeze convertirea energiei chimice în energie mecanică concretizată în mișcare. Există două tipuri de mișcare celulară :

- mișcarea efectuată în interiorul celulei (deplasarea moleculelor dintr-o parte în alta a celulei, deplasarea cromozomilor în timpul diviziunii, deplasarea moleculelor prin membrana celulară, ieșirea la exterior a produșilor de sinteză prin fenomenul numit exocitoză, pătrunderea în celulă a substanțelor necesare acesteia prin fenomenul de endocitoză);

- mișcarea celulei în totalitate, un proces întâlnit la celulele capabile să emită pseudopode și la celulele care au cili sau flageli (de exemplu, spermatozoidul). ②

Diviziunea celulară este procesul de multiplicare a celulelor în vederea înlocuirii celor care mor. Diviziunea celulară este de două feluri: mitotică și meiotică (vezi biologia celulară). ①

Excitabilitatea ca proprietate generala a tesuturilor

Excitabilitatea este proprietatea structurilor vii de a reacționa specific la acțiunea excitanților din mediu (mecanici, electromagnetici, termici, chimici). Cele mai excitabile țesuturi sunt: țesutul nervos și țesutul muscular. ①

⓪ **Excitabilitatea:** Proprietatea unui țesut de a reacționa specific la acțiunea unui agent excitant.

Sub acțiunea excitanților, se produc o serie de modificări fizico-chimice localizate la nivelul membranei celulare. Aceste modificări se pot limita la porțiunea de membrană excitată și în acest caz nu generează nici un răspuns, sau se propagă în toată membrana celulară și în interiorul celulei, precum și la celulele învecinate, generând un răspuns caracteristic (contracție musculară, secreție, etc.). ①

Astfel, după cum are sau nu are loc propagarea excitației în membrana celulară, se deosebesc două tipuri de membrane: excitabile (membranele celulelor nervoase, musculare, secretorii), inexcitabile (membranele celulelor conjunctive, osoase). ①

Excitabilitatea țesuturilor are la bază fenomenele bioelectrice celulare : potențialul de repaus și potențialul de acțiune. Trecerea din starea de repaus în starea de activitate se face sub acțiunea agenților excitanți. ⓪

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

①Potențialul de repaus (PR):
Definiția PR: Polaritatea electrică a membranei în stare de repaus: + la exterior, - la interior;
Valoare PR: - 70-90 mV.

Potențialul de repaus. Orice celulă în stare de repaus este polarizată electric: membrana celulară are sarcini electrice pozitive la exterior și negative la interior. Diferența de potențial electric între interiorul și exteriorul membranei celulare poartă numele de potențial membranar de repaus și are o valoare de -70 - 90 mV. ①

① FACTORII DE MENTINERE A PR

Repartiția diferită a Na și K pe fețele membranei
Sechestrarea în celulă a anionilor proteici
Funcționarea pompei de Na-K

La menținerea potențialului de repaus își aduc contribuția mai mulți factori :

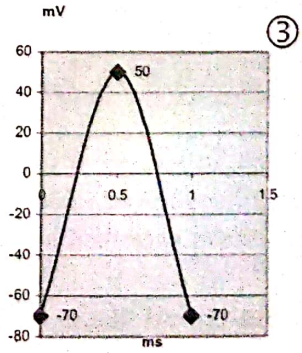
1. *Repartiția diferită a ionilor de sodiu și potasiu* de o parte și de alta a membranei și permeabilitatea diferită a membranei pentru cei doi ioni. Astfel, Na^+ se află în concentrație mai mare la fața externă a membranei celulare, iar K^+ se află în concentrație mai mare la fața internă a membranei. In stare de repaus permeabilitatea membranei pentru ionul de K^+ este mai mare decât pentru ionul de Na^+. Astfel, în repaus, are loc difuziunea liberă a unui număr mare de ioni de potasiu de la interior spre exterior. Ieșirea sarcinilor pozitive la exterior nu este contracarată de intrarea sodiului în celulă și nici de ieșirea unui număr echivalent de sarcini negative la exterior. Astfel, la exterior se creează un exces de sarcini pozitive. ②

2. *Sechestrarea în celulă a anionilor proteici*. Anionii proteici (COO^-), având moleculă mare, nu pot traversa membrana spre exterior, rămânând sechestrați în celulă. Astfel, fața internă a membranei devine negativă în raport cu mediul extracelular. ②

3. *Funcționarea pompei de Na-K*. Diferența de sarcini electrice între interiorul și exteriorul membranei este accentuată de pomparea unui număr inegal de ioni de Na și K prin membrană. Astfel, sunt pompați la exterior 3 ioni de sodiu, iar la interior 2 ioni de potasiu (și de aici apare un exces de sarcini pozitive la exterior). ②

①Potențialul de acțiune (PA):
Definiția PA: Modificarea polarității membranare și propagarea acesteia.
Valoare PA: 100-120 mV.
Rol PA: cuplarea excitației cu răspunsul celular.

Potențialul de acțiune. Sub acțiunea unui agent excitant, crește brusc permeabilitatea membranei pentru ionul de sodiu; un număr mare de ioni de sodiu pătrunde în celulă și se reduce treptat polaritatea negativă a interiorului membranei - proces numit *depolarizare*. Dacă depolarizarea atinge un prag (de la -70 mV ajunge la -40 mV), procesul va continua cu o rapiditate explozivă, trecând prin punctul de neutralitate electrică (valoarea 0) în zona valorilor pozitive. Astfel are loc o inversare a polarității electrice, membrana devenind negativă la exterior și pozitivă la interior. ②



③

① ETAPELE PA

Depolarizare de prag: -40 mV
Depolarizare: inversarea polarității de repaus: - la exterior; + la interior
Spike Potential: + 30+ 50 mV
Repolarizare: refacerea polarității de repaus –70-90 mV
Toate aceste fenomene au o durată totală de 1-2 ms.

Când depolarizarea ajunge la + 30 + 50 mV este atins un vârf al potențialului de acțiune numit *spike potential*. Valoarea totală a potențialului de acțiune în acest moment este de 100-120 mV. Când se

atinge potențialul de vârf scade permeabilitatea membranei pentru sodiu și crește pentru potasiu. Astfel, K părăsește celula și readuce potențialul membranar în zona valorilor negative - fenomen numit *repolarizare*. Pentru refacerea completă a potențialului membranar de repaus intervine și pompa de Na-K. ②

Depolarizarea membranară are proprietatea de a se propaga de la locul excitării, din aproape în aproape, cuprinzând întreaga membrană celulară și determinând modificări intracelulare specifice. ①

Totalitatea acestor modificări electro-chimice care generează depolarizări și repolarizări ce se propagă în lungimea membranei celulare constituie potențialul de acțiune, care este de fapt inițiatorul activității celulare. ①

Reglare si control in fiziologie

Organismul, în ansamblul său, este un sistem foarte complex, alcătuit din mai multe subsisteme, fiecare îndeplinind o funcție foarte precisă, în strânsă interdependență unele cu altele.

In sens cibernetic, prin sistem se înțelege un ansamblu de elemente în interacțiune, care la rândul său se află în interacțiune cu mediu (sau cu alte sisteme) prin intrări (input) și ieșiri (output). ⓪

⓪Sistemul biologic: Un ansamblu de elemente în interacțiune, care își asigură integrarea în mediul de viață și supraviețuirea prin **intrări**: stimuli, excitanți și **ieșiri**: răspunsuri, reacții.

Pentru un sistem biologic, de la celulă până la organismul ca întreg, intrarea este definită prin termenii de *stimul* sau *excitant*, iar ieșirea prin termenii *răspuns, reacție*. ⓪

Principala sarcină a oricărui sistem biologic este de a se integra în mediul său de viață, adică de a-și regla răspunsurile în raport cu acțiunile exterioare. Pentru aceasta, dispozitivele de comandă ale sistemului trebuie să primească "informații" despre modificările din mediul exterior sau din interiorul său și pe baza lor să elaboreze o nouă informație - numită comandă - către dispozitivele de execuție. ①

Organismul dispune de sisteme de reglare și control începând de la nivel celular și sfârșind cu autoreglarea organismului ca întreg.

Reglarea la nivel celular este de două feluri: *genetică* și *enzimatică*, bazându-se pe activarea sau inactivarea unor căi metabolice de sinteză sau de degradare (vezi genetica) ①

Reglarea activității la nivel de organ sau sistem se realizează prin două mecanisme :

- *reglarea nervoasă*, pe calea nervilor, prin funcționarea unor centri nervoși;
- *reglarea umorală*, prin intermediul hormonilor sau a altor substanțe transportate pe calea sângelui. ①

Scanned with OKEN Scanner

In plus, există şi un mecanism de *autoreglare* prin care un organ sau sistem îşi reglează propria activitate. Autoreglarea se realizează prin mecanism de *feed-back* (retroacţiune), prin care ieşirea acţionează recurent asupra intrării. Există un mecanism de feed-back negativ, când acţiunea inversă se realizează în sens inhibitor, sau pozitiv când retroacţiunea este activatoare. ①

Reglarea la nivelul organismului ca întreg se realizează prin *autoreglare homeostazică*. Homeostazia reprezintă proprietatea organismului de a-şi menţine în limite normale constantele mediului intern (glicemia, calcemia) şi funcţiile vitale (activitatea cardiacă, respiratorie etc.) pentru o bună adaptare la variaţiile condiţiilor de mediu. ①

Orice abatere de la normal a unei funcţii atrage după sine activarea unor mecanisme de compensare care tind să readucă funcţia respectivă la normal, antrenând în activitatea de reglare mai multe organe sau sisteme. De exemplu, la reglarea calcemiei participă: tubul digestiv, care asigură absorbţia calciului; rinichiul, care asigură excreţia sau reţinerea calciului şi a fosforului, în vederea menţinerii constante a raportului Ca/P şi glandele endocrine, care eliberează hormoni cu rol hipo- sau hipercalcemiant. ②

①**Reglare în fiziologie:**
- genetică
- enzimatică
- nervoasă (prin SNC)
- umorală (prin hormoni)
- autoreglare (feed-back)
- homeostazie

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 2

Fiziologia sistemului nervos

Noţiunea de informaţie şi semnal

Sistemul nervos este comparat cu un sistem cibernetic, având funcţia principală de a prelucra informaţii.

Informaţia, ca variaţie energetică, este un mesaj despre evenimentele şi procesele ce se petrec în interiorul sau exteriorul organismului. Informaţia este culeasă din mediu cu ajutorul receptorilor, dar nu poate fi preluată de sistemul nervos decât sub formă de *impuls (influx) nervos*, acesta fiind singurul limbaj pe care-l recunoaşte sistemul nervos. ①

Transmiterea informaţiilor în sistemul nervos nu înseamnă însă transmiterea de impulsuri individuale, ci transmiterea unor "trenuri" de impulsuri care codifică un anumit mesaj. Totalitatea impulsurilor care codifică un mesaj poartă numele de *semnal*. Altfel spus, semnalul este substratul material al informaţiei. Organismul primeşte semnale vizuale, auditive, senzitive, motorii etc. ①

Informaţia ajunsă în sistemul nervos (10^7 biţi/s) suferă aproape în totalitate o prelucrare inconştientă, mai puţin de 1 % prelucrându-se şi în mod conştient. ①

Sistemul nervos, ca *sistem cibernetic*, este format din :

- sistemul de *"intrare"* a informaţiilor (prin receptorii senzoriali);
- sistemul de *"transmitere"* a informaţiilor (pe calea nervilor senzitivi);
- sistemul de *"prelucrare"* a informaţiilor (de către retelele neuronale complexe);
- sistemul de *"ieşire"* şi distribuire a mesajelor către organele efectoare (prin fibrele nervoase motorii şi vegetative). ①

①Informaţie şi semnal
Informaţie variaţie energetică cu valoare de mesaj sau stimul..
Semnal "trenuri" de impulsuri nervoase ce codifică un mesaj.
Impuls nervos singurul limbaj recunoscut de sistemul nervos.

① SISTEMUL NERVOS CA SISTEM CIBERNETIC

Sistem de intrare (receptori)
Sistem de transmitere (aferenţe)
Sistem de prelucrare (centri nervoşi)
Sistem de ieşire (eferenţe)

Scanned with OKEN Scanner

Organizarea generala a sistemului nervos

Clasificarea sistemului nervos

Din punct de vedere functional, sistemul nervos are două componente, care nu sunt strict separate topografic:

⓪**Clasificare:**
a) - SN somatic
- SN vegetativ
b) – SN central
- SN periferic

- *sistemul nervos somatic* sau *de relatie*, care oferă organismului posibilitatea de a acționa adecvat și rapid la modificările mediului ambiant (prin activități musculare);
- *sistemul nervos vegetativ*, care coordonează și integrează funcțiile organelor interne (circulația, digestia, respirația, etc.). ①

Din punct de vedere topografic, atât sistemul nervos somatic, cât și cel vegetativ, au două componente :

- *SN central* sau *componenta intranevraxială* (protejată de cutia craniană și canalul vertebral);
- *SN periferic* sau *componenta extranevraxială* (reprezentată de nervi și ganglioni situați în afara craniului și canalului vertebral). ①

Schemă de organizare a sistemului nervos

Se prezintă mai jos o *schemă de organizare* a structurilor macroscopice ale sistemului nervos. ②

① SCHEMA DE ORGANIZARE A SN

1. SNC:
   a. Encefal:
      Telencefal: EC
      Diencefal: T, Ht.
      Mezencefal: Tq
      Metencefal: P, Cb
      Mielencefal: B
   b. Măduva spinării
2. SNP:
   a. Nervi
   b. Ganglioni

1. **Sistemul nervos central (SNC)** :
   a. ***Encefal (creier)***:
      Telencefal: emisferele cerebrale (EC); corpii striați; sistemul limbic.
      Diencefal: thalamus (T); hipotalamus (Ht); epitalamus.
      Trunchiul cerebral:
      - *Mezencefal*: tuberculi cvadrigemeni (Tq); pedunculi cerebrali.
      - *Metencefal*: protuberanță (punte- P); cerebel (Cb)
      - *Mielencefal*: bulb (B)

   b. ***Măduva spinării***: - măduva cervicală;
      - măduva dorsală;
      - măduva lombară;
      - măduva sacrală

2. **Sistemul nervos periferic (SNP)** :
   a. *nervi cranieni* (perechile I - XII) și *spinali* (rahidieni).
   b. *ganglioni vegetativi*

Scanned with OKEN Scanner

Meningele

Atât creierul, cât şi măduva spinării sunt înconjurate de *meninge*, care are trei foiţe: *pia mater*, intim alipită de masa creierului; *arahnoida,* foiţa mijlocie, care trimite către pia mater nişte trabecule care dau aspectul de pânză de paianjen; spaţiul dintre arahnoida şi pia mater - *spaţiu subarahnoidian*; *dura mater*, în contact intim cu faţa internă a cutiei craniene; la nivelul măduvei spinării dura mater nu fuzionează cu canalul vertebral, rezultând un spaţiu numit *spaţiu epidural* (în afara durei mater); acest loc, în regiunea sacro-coccigiană, este folosit pentru injectarea anestezicelor la vacă. ②

⓪**Meningele:**
- Dura mater
- Arahnoida
- Pia mater

Cavităţile ependimare şi canalul ependimar

In interiorul său, creierul prezintă nişte cavităţi pline cu lichid. Cavităţile sunt numite *ventriculi cerebrali* sau *cavităţi ependimare*, iar lichidul care circulă în interiorul lor *lichid cefalo-rahidian (LCR)* sau *cerebro-spinal*. Se numeşte astfel deoarece se găseşte şi în canalul care străbate măduva spinării, *numit canal ependimar* sau *canal central medular*. ①

Cavităţile ependimare sunt:
- ventriculii laterali I şi II (în emisferele cerebrale); foramina MONRO
- ventriculul III (în diencefal) Ap. Sylvius
- ventriculul IV (în regiunea bulbo-protuberanţială) ②

Toate cavităţile ependimare şi canalul ependimar al măduvei comunică unele cu altele, iar acestea comunică cu spaţiul subarahnoidian. foramina Magendie

①**Structuri ale SNC pline cu LCR:**

Ventriculii I, II, III şi IV
Canalul ependimar
Spaţiul subarahnoidian

Producerea, circulaţia şi drenarea lichidului cefalo-rahidian - corelaţii clinice

LCR este un lichid clar, prezent în ventriculii cerebrali, canalul ependimar şi spaţiul subarahnoidian. Determinarea presiunii acestui lichid şi analiza sa celulară şi biochimică este un procedeu de diagnostic pentru tulburările neurologice. Mielograma este, de asemenea, o tehnică neuroradiografică utilizată în diagnostic şi constă în injectarea de substanţe radio-opace în spatiul subarahnoidian. Locul de recoltare a LCR la animale, diferă faţă de cel de la om. Cel mai larg spaţiu subarahnoidian la animale este situat în regiunea dintre craniu si prima vertebră cervicală (la om, la nivelul coloanei vertebrale lombare). ③

LCR este produs de *plexurile coroide* ale ventriculilor cerebrali (nişte aglomerări capilare acoperite cu un fin strat epitelial). Secreţia acestui lichid este un proces continuu, activ, energo-dependent. Lichidul produs în ventriculii laterali trece în ventriculul III prin *foramina Monro*, apoi în ventriculul IV prin

①**Producerea, circulaţia şi drenarea LCR:**

Producere: plexurile coroide
Sensul circulaţiei: ventriculii laterali, III, IV, spaţiul subarahnoidian, canalul ependimar
Drenare: sinusurile venoase

Scanned with OKEN Scanner

apeductul lui Sylvius, iar de aici ajunge în spaţiul subarahnoidian prin *foramina Magendie*. In continuare, o parte din LCR trece în lungul măduvei spinării, iar cea mai mare parte este drenat în sistemul venos. Sinusurile venoase (adevărate zone colectoare de sânge) sunt situate în pereţii durei mater. Foiţa arahnoidiană trimite nişte prelungiri digitiforme - *vilii arahnoidieni* - în sinusurile venoase. Aceşti vili constituie calea principală de absorbţie a LCR, care se înlocuieşte de mai multe ori în decursul unei zile. Orice compresiune pe venele de întoarcere a sângelui la inimă are ca efect creşterea presiunii intracraniene, prin imposibilitatea drenării LCR. ②

Rolurile LCR: ①

- rol protector, de amortizare a şocurilor (creierul pluteşte în LCR);
- menţinerea unui mediu extracelular constant pentru celulele substanţei nervoase;
- rol de transport a unor molecule în toate regiunile sistemului nervos.

⓪ **Rolurile LCR:**
- protector
– homeostatic
– de transport

Creşterea presiunii intracraniene - caz clinic (după Cunningham,1992): ③

Se examinează o căţea Boxer, în vârstă de 9 ani. A fost adusă la o clinică veterinară datorită unei crize tonico-clonice pe parcursul nopţii.

Examenul clinic evidenţiază: noduli mamari; înfăţişare somnolentă, stare confuză, reacţie inadecvată în privinţa proprioceptiei conştiente a membrelor de pe partea dreaptă. Radiografia toracică laterală evidenţiază leziuni tumorale la nivelul pulmonilor. Măsurarea presiunii LCR evidenţiază creşterea acesteia (de la 180 mm, valoare normală, la 310 mm).

Comentariu: Este un caz tipic de tumoare mamară cu metastaze în pulmoni şi la nivelul creierului. Masa tumorală a determinat creşterea presiunii LCR. Răspunsul proprioceptiv inadecvat numai din partea membrelor din partea dreaptă arată că tumoarea este localizată asimetric, numai la nivelul cortexului cerebral stâng.

Substanţa albă şi substanţa cenuşie

Toate structurile SNC se compun din substanţă albă şi substanţă cenuşie.

Substanţa albă include *fibrele nervoase mielinizate* care stabilesc conexiuni între diverse etaje ale sistemului nervos central (mielina conferă culoarea albă structurilor nervoase). ①

Substanţa cenuşie este reprezentată de aglomerările de neuroni (*somele neuronilor*). Ea este prezentă în encefal sub formă de scoarţă (cortex) cerebral(ă), scoarţă cerebelară sau nuclei, iar în măduva spinării ocupă o poziţie centrală, în jurul canalului ependimar, având pe secţiune transversală forma literei H. ①

Nervii periferici sunt mielinizaţi, cu excepţia fibrelor nervoase vegetative postganglionare, care sunt amielinizate. ①

⓪ **Substanţa albă şi cenuşie:**

Substanţa albă = fascicule de fibre nervoase mielinizate

Substanţa cenuşie = aglomerări de some neuronale

Scanned with OKEN Scanner

Celulele sistemului nervos

Neuronul este unitatea morfo-funcțională a sistemului nervos. Deși sunt diferiți morfologic și îndeplinesc funcții extrem de variate, neuronii au câteva caracteristici comune: excitabilitatea, geneza influxului (impulsului) nervos, conductibilitatea și transmiterea sinaptică. Printre neuroni se găsesc *celule gliale* (nevroglii), cu rol de susținere, apărare și nutriție a celulelor nervoase. ①

*

⓪ Celulele SN

Neuronii:
pseudounipolari
bipolari
multipolari

Celulele gliale:
astrocite
microglii
oligodendrocite
celule Schwann
celule ependimare
LCR ↑

După numărul prelungirilor, neuronii se clasifica in:

- neuroni *pseudounipolari*, care au o singură prelungire " în T " (dendritică și axonică): neuronii senzitivi din ganglionii spinali;
- neuroni *bipolari*, cu o prelungire axonică și una dendritică: neuronii din mucoasa olfactivă;
- neuroni *multipolari*, cu o prelungire axonică și numeroase prelungiri dendritice: neuronii motori și neuronii vegetativi. ①

Celulele gliale pot fi:

- *astrocite*: prin prelungirile lor, preiau substanțele nutritive din capilarele sanguine și le transportă la neuroni;
- celule *microgliale*: care realizează fagocitoza în țesutul nervos;
- *oligodendrocite*: care sintetizează mielina în SN central;
- celule *Schwann*: sintetizatoare de mielină pentru nervii periferici;
- celule *ependimare*: care căptușesc cavitățile ependimare și secretă LCR. ①

Morfofiziologia neuronului

Morfologia neuronului

*

⓪

ELEMENTELE FUNCTIONALE ALE NEURONULUI

Dendritele: aparatul receptiv major

Soma: prelucrare, integrare, activitate metabolică

Axonul: conductibilitate

Butonii terminali: transmitere sinaptică

Neuronul este alcătuit din: soma neuronală (corpul celular, pericarion) și prelungiri: dendrite și axon (detalii morfologice la biologia celulară). ⓪

Dendritele reprezintă aparatul receptiv major al neuronului, primind semnale de la neuronii învecinați. Ele sunt numeroase și puternic ramificate, mărind suprafața receptivă a celulei. Semnalele de la neuronii învecinați pot fi recepționate și direct de soma neuronului sau, mai rar, de către axon. ①

Corpul celular (soma, pericarionul) conține nucleul și organitele celulare. Rolul său este de a prelucra și integra semnalele primite, generând un nou semnal pe care-l transmite altor neuroni sau celulelor efectoare. La nivelul somei au loc și procese metabolice implicate în desfășurarea activității celulei nervoase. ①

Scanned with OKEN Scanner

①Organizarea neuronilor

In SNC:
a. grupări de some: nuclei
b. grupări de fibre: rețele nervoase, fascicule sau lemniscuri

In SNP:
a. grupări de some: ganglioni, plexuri intramurale
b. asocieri de fibre: nervi

Axonul este o prelungire tubulară unică a neuronului care îndeplineşte două roluri: conducerea influxului nervos şi transportul axoplasmic (transportul substanţelor sintetizate în somă către porţiunea terminală a axonului). ①

Capătul terminal al axonului prezintă numeroase ramificaţii numite *butoni terminali*, prin care se stabileşte legătura cu alte celule. Unii axoni care intră în structura nervilor periferici sunt foarte lungi (pot atinge 1 m). ①

In sistemul nervos central, neuronii (pericarionii acestora) sunt grupaţi, formând *nuclei* care îndeplinesc funcţii distincte (de exemplu, nucleul vestibular, nucleul lacrimo-salivar etc.). In afara sistemului nervos central, grupările de neuroni dau naştere unor formaţiuni nervoase numite *ganglioni*, iar în pereţii organelor interne formează *plexuri nervoase intramurale.* ①

Axonii neuronilor din SNC fie se întrepătrund, datorită multiplelor conexiuni interneuronale şi formează adevărate *retele nervoase*, fie se asociază în mănunchiuri numite *fascicule* sau *lemniscuri* care fac legătura între diferite etaje ale sistemului nervos. In afara SNC, mănunchiurile de fibre nervoase formează *nervii*, care sunt protejaţi de o teacă conjunctivă. ①

Fiziologia neuronului

⓪Proprietăţile neuronului:
1.Excitabilitatea
2.Geneza influxului nervos
3.Conductibilitatea
4.Transmiterea sinaptică

Proprietăţile oricărui neuron din sistemul nervos central sau periferic sunt:

- excitabilitatea;
- geneza influxului nervos;
- conducerea influxului nervos (conductibilitatea);
- transmiterea influxului nervos (transmiterea sinaptică). ⓪

Excitabilitatea neuronală

Excitabilitatea neuronală reprezintă capacitatea neuronului de a reacţiona prin geneza influxului nervos atunci când asupra membranei sale acţionează un agent excitant. Ca orice altă membrană, şi membrana neuronului este polarizată electric, mediul intern al celulei fiind electronegativ comparativ cu mediul extern (- 90 mV). ⓪

Acţiunea agenţilor excitanţi (fizici, chimici, electrici) asupra oricărei regiuni a neuronului determină modificări electrochimice care duc la declanşarea potenţialului de acţiune. In funcţie de intensitatea lor, agenţii excitanţi se clasifică în:

- agenţi liminari (de prag), care au cea mai mică intensitate capabilă de a declanşa apariţia potenţialului de acţiune;
- agenţi subliminari (sub nivelul pragului de excitabilitate), care nu determină declanşarea potenţialului de acţiune, dar generează o uşoară modificare a polarităţii;
- agenţi supraliminari (peste nivelul pragului de excitabilitate), care declanşează un potenţial de acţiune ca şi în cazul aplicării stimulului de prag

Scanned with OKEN Scanner

(este valabilă legea "tot sau nimic" - odată ce pragul e atins se declanşează răspunsul maxim). ①

La acţiunea agenţilor subliminari, la nivelul membranei se produc modificări de permeabilitate ionică şi de polaritate electrică; potenţialele electrice apărute sunt gradate şi nu se propagă, de aceea au primit denumirea de "*potenţiale locale*" sau "*răspuns local*". Atunci când intensitatea excitantului devine liminară, dacă se atinge pragul de depolarizare, are loc declanşarea unui *potenţial de acţiune*, care se supune legii "tot sau nimic" şi este propagat. ①

Răspunsul local, spre deosebire de potenţialul de acţiune, suferă fenomenul de *sumaţie temporo-spaţială*. La acţiunea a doi stimuli subliminari cele două răspunsuri locale se pot însuma şi ating un nivel de depolarizare suficient pentru declanşarea potenţialului de acţiune. Stimulii pot acţiona succesiv (sumaţie temporală) sau simultan în puncte diferite ale membranei (sumaţie spaţială). ①

Repetarea stimulării membranei neuronale la intervale foarte scurte (sub 2 ms - durata potenţialul de acţiune) rămâne fără efect, deoarece în timpul derulării potenţialului de acţiune, neuronul este în *perioada refractară absolută*, perioadă în care nu se obţine nici un răspuns chiar dacă se măreşte intensitatea excitantului. In momentul imediat următor începe refacerea excitabilităţii membranei (*perioada refractară relativă*) şi se poate obţine un răspuns de amplitudine mai slabă la aplicarea celui de al doilea stimul. ①

① Deosebirea dintre potenţialul local şi potenţialul de acţiune în nerv

Potenţialul local: este gradat, nu se propagă, suferă sumaţia temporală şi spaţială .

Potenţialul de acţiune: nu este gradat, se propagă, se supune legii tot sau nimic.

Geneza influxului nervos

Influxul nervos reprezintă modificarea pasageră a stării biologice a membranei neuronului, având ca rezultat apariţia unui răspuns electric (potenţial local, urmat de potenţial de acţiune). ①

① Geneza influxului nervos prin:
1.autoexcitare
2. excitare chimică postsinaptică
3.excitarea unei terminaţii sensitive

In organism, există 3 posibilităţi care asigură geneza influxului nervos:

1. autoexcitare prin depolarizare lentă spontană, întâlnită la unii centri nervoşi capabili de automatism;

2. excitarea unei celule nervoase prin mesajul chimic primit de la o altă celulă nervoasă (prin butonii terminali ai acesteia);

3. excitarea terminaţiei senzitive a unui neuron prin acţiunea unui excitant asupra unei structuri specializate numită receptor. ①

Exemplul tipic pentru geneza influxului nervos l-a constituit corpusculul Paccini - un receptor cutanat, sensibil la modificări de presiune. Corpusculul Paccini este alcătuit dintr-un ansamblu de celule dispuse "în bulb de ceapă" care înconjoară o terminaţie nervoasă senzitivă. Presiunea exercitată asupra pielii determină deformarea membranei celulelor însoţită de apariţia aşa-numitului "*potenţial de receptor*" care poate avea valoare mai mică sau mai mare în funcţie de intensitatea stimulului (în acest caz presiunea exercitată). Acest potenţial acţionează local, este gradat şi generează un câmp electric care induce modificări de polaritate şi în fibra nervoasă senzitivă. La o anumită valoare a potenţialului de receptor apare în fibra nervoasă potenţialul de acţiune. Cu cât intensitatea excitantului este mai mare cu atât potenţialul de

Scanned with OKEN Scanner

receptor este mai ridicat şi va genera în nerv nu un potenţial de acţiune, ci o salvă de potenţiale de acţiune. Frecvenţa salvei de potenţiale din fibra senzitivă constituie un "mesaj nervos" codificat. Fenomenul de conversie a unui stimul în mesaj nervos se numeşte *transducţie*, iar structura specializată - receptorul, care realizează această conversie se numeşte *transductor*. ②

Conducerea influxului nervos (conductibilitatea)

Conductibilitatea este fenomenul care permite propagarea influxului nervos în lungul prelungirilor neuronale (a axonilor şi dendritelor).

Mecanismul conducerii nervoase este diferit după cum fibrele nervoase (dendrite şi axoni) sunt mielinizate sau nu.

⓪Mecanismul conducerii influxului nervos

In fibrele amielinizate: din aproape în aproape, prin curenţii lui Hermann.

In fibrele mielinizate: conducere saltatorie, din nod Ranvier în nod Ranvier.

Fibrele amielinizate (fără teacă de mielină) sunt pe o treaptă filogenetică inferioară. Câştigarea mielinei a reprezentat o îmbunătăţire a capacităţii funcţionale a fibrelor nervoase. Mielina este sintetizată de celule specializate (oligodendrocite în SNC; celule Schwann în nervii periferici); citoplasma acestor celule înconjoară prelungirile neuronale ca nişte lamele concentrice, dând naştere tecii de mielină. Mielina nu acoperă însă fibra pe toată lungimea sa. Din loc în loc, pe porţiuni mici, teaca de mielină lipseşte - aceste regiuni se numesc noduri (ştrangulaţii) Ranvier. Distanţa dintre două noduri Ranvier, acoperită de mielină, poartă numele de internod. ①

Conducerea în fibrele nervoase amielinizate se realizează *din aproape în aproape*. Pentru explicarea acestui mod de conducere s-a emis *ipoteza curenţilor locali* (Hermann). Această ipoteză admite că regiunea membranei supusă unui potenţial de acţiune se comportă ca un generator care induce în vecinătatea sa curenţi electrici. Aceşti curenţi sunt suficienţi pentru a declanşa un nou potenţial de acţiune şi de a excita zona membranară încă inactivă. Cunoscând faptul că într-un câmp electric deplasarea de sarcini se face de la plus (+) la minus (-), fiecare zonă activă crează curenţi locali pentru următoarea zonă inactivă, excitaţia propagându-se astfel din aproape în aproape. ①

Conducerea în fibrele nervoase mielinizate se realizează *saltatoriu*, din nod Ranvier în nod Ranvier. Mielina se comportă ca un izolator. Conform ipotezei curenţilor locali, mielina ar trebui să determine o reducere considerabilă a conducerii influxului nervos sau chiar să facă imposibilă conductibilitatea nervoasă. Dar măsurarea vitezei de conducere a dovedit dimpotrivă că aceasta este mult mai rapidă decât în cazul fibrelor amielinizate.

In principiu, mecanismul de bază al conducerii în fibrele mielinizate rămâne tot crearea curenţilor locali, cu condiţia ca ei să atingă membrana nodurilor Ranvier. S-a demonstrat că membrana nodurilor este bogată în canale de sodiu, iar regiunea acoperită cu mielină este aproape complet lipsită de canale de sodiu. Aceasta demonstrează că fibra mielinizată este excitabilă numai la nivelul nodurilor Ranvier. Numai aceste zone pot genera potenţiale de acţiune. Ca urmare, se poate spune că influxul nervos sare din nod Ranvier în nod Ranvier. ①

Scanned with OKEN Scanner

Astfel, conducerea în porțiunile acoperite de mielină este pur electrică, în timp ce la nivelul nodurilor intervin procesele de transport transmembranar, care duc la apariția potențialului de acțiune. ①

Sensul conducerii influxului nervos

In principiu, într-un neuron influxul nervos merge întotdeauna într-un singur sens:

- în neuronii motori, de la soma neuronului la mușchi;
- în neuronii senzitivi, de la receptori la soma neuronului. ①

Această conducere unidirecțională este consecința acțiunii *legii polarizației dinamice*. In organism, originea influxului nervos la unul din capetele fibrei nervoase este cea care impune sensul conducerii. ①

Experimental, dacă se realizează excitarea axonului în mijlocul său, iau naștere două influxuri, de direcții opuse :

- conducere ortodromică (în sensul normal);
- conducere antidromică (în sens opus). ①

In acest caz se aplică *legea conducerii bilaterale* a influxului nervos.

In organism, în mod fiziologic, conducerea antidromică se întâlnește în cazul "reflexului de axon". ①

Conductibilitatea nervului se supune, de asemenea, *legii conducerii izolate*. Chiar dacă un trunchi nervos are în structura sa mai multe fibre nervoase, conducerea influxului prin una din ele nu influențează activitatea celorlalte fibre. De regulă, nervii sunt micşti şi au în structura lor fibre senzitive, motorii, vegetative. ①

Ⓞ Sensul conducerii influxului nervos
1. unidirecțional: centripet sau centrifug
2. bidirecțional: ortodromic și antidromic

Viteza de conducere a influxului nervos

Conducerea influxului nervos se face cu viteză mult mai mare în fibrele mielinizate decât în cele amielinizate. Există o relație de directă proporționalitate între grosimea fibrei nervoase şi viteza de conducere a influxului nervos. Clasificarea fibrelor nervose, după viteza de conducere este următoarea :

- fibre de tip A, mielinizate, cu diametrul de 2-20 μm, având o viteză de conducere de 12-120 m/s.
- fibre de tip B, mielinizate, cu diametrul de 0,5-2 μm, având o viteză de conducere de 3-15 m/s.
- fibre de tip C, amielinizate, cu diametrul de 0,5-2 μm, având o viteză de conducere de 0,5-2 m/s. ①

Viteza de conducere este diminuată în stări de anoxie (insuficientă oxigenare), sub acțiunea frigului, a anestezicelor, ceea ce demonstrează că în realizarea conducerii nervoase intervin nu numai fenomene electrice, ci şi fenomene biologice (care țin de funcționarea membranei). ②

Ⓞ **Viteza conducerii influxului nervos**
1. Fibre de tip A: groase 12-120 m/s
2. Fibre de tip B: subțiri 3-15 m/s
3. Fibre de tip C: amielinizate 2 m/s

De asemenea, viteza de conducere este modificată în numeroase afecțiuni metabolice, prin compresiunea nervilor, prin demielinizarea fibrelor nervoase. Acestea explică aplicabilitatea *legii integrității fiziologice* a fibrelor nervoase: o fibră nervoasă intactă anatomic își pierde conductibilitatea dacă suferă anumite disfuncții. ②

Scanned with OKEN Scanner

⓪Tipuri de sinapse (după criteriul morphologic):
1. Sinapse interneuronale: axo-dendritice; axo-somatice; axo-axonice
2. Sinapse neuro-efectoare: neuro-musculare; neuro-glandulare.

⓪Tipuri de sinapse (după criteriul funcțional):
1. Sinapse electrice: între celule apropiate la 40 - 80 Å
2. Sinapse chimice: între celule distanțate la 100-150, chiar 800 Å

⓪Componentele unei sinapse

Reg. presinaptică: conține mediatorul chimic.

Fanta sinaptică: conține lichid extracelular.

Reg. postsinaptică: conține receptori corespunzători mediatorului chimic

Transmiterea influxului nervos (transmiterea sinaptică)

Influxul nervos este transmis de la o celulă nervoasă la altă celulă nervoasă sau la o celulă efectoare (celulă musculară, celulă glandulară) datorită existenței unei zone de legătură între ele, cunoscută sub numele de sinapsă. Sinapsele se clasifică, din acest punct de vedere (morfologic), în :

- sinapse neuro-neuronale (interneuronale);
- sinapse neuro-efectoare (neuro-musculare; neuro-glandulare).

Sinapsele interneuronale se stabilesc, cel mai frecvent, între axonul unui neuron, pe de o parte şi corpul celular, dendritele sau axonul altui neuron, pe de altă parte. Se deosebesc astfel sinapse axo-somatice, axo-dendritice, axo-axonice. ①

Din punct de vedere funcțional, sinapsele sunt de două feluri: elecrice şi chimice.

Sinapsele electrice se întâlnesc în sistemul nervos al nevertebratelor, la peşti şi mai rar la mamifere. Membranele celulelor puse în legătură sunt apropiate la o distanță de 40-80 Å. Transmiterea influxului nervos se realizează direct de la celulă la celulă, prin curent electrotonic.

Sinapsele chimice sunt cel mai frecvent întâlnite. Membranele celulelor se apropie la o distanță de 100-150, ajungând chiar şi la 800 Å. In acest spațiu intercelular, influxul nervos se pierde, astfel că s-a dezvoltat un alt mecanism de transmitere, prin intermediul unor mediatori chimici. ①

Caracteristicile morfologice ale sinapsei chimice

Sinapsele chimice au 3 componente principale :

1. *Regiunea presinaptică* - este reprezentată de membrana celulei presinaptice şi de veziculele sinaptice. Celula presinaptică participă la contactul sinaptic prin intermediul terminațiilor axonale, care frecvent au aspect de butoni. In aceşti butoni se concentrează veziculele sinaptice. Veziculele sinaptice constituie rezervorul de mediatori chimici. ①

2. *Regiunea postsinaptică* - este reprezentată de membrana celulei postsinaptice care poate fi altă celulă nervoasă sau o celulă efectoare. Această regiune prezintă nişte densificări (îngroşări), care reprezintă receptorii specifici pentru mediatorul chimic caracteristic al sinapsei respective. ①

3. *Spațiul sinaptic* (fanta sinaptică) - este spațiul extracelular care separă membranele celor două celule puse în legătură. ①

Prezența veziculelor sinaptice numai în regiunea presinaptică şi a receptorilor specifici numai în membrana postsinaptică demonstreaza faptul că, din punct de vedere morfologic, sinapsa este polarizată (are un pol emițător şi altul receptor). ②

Caracteristicile funcționale ale sinapsei chimice sunt :

1. *Unidirecționalitatea* (polarizația): sinapsa nu funcționează decât într-un singur sens (transmiterea influxului nervos se face întotdeauna din regiunea presinaptică în regiunea postsinaptică). ①

2. *Fatigabilitatea* (oboseala): sinapsa oboseşte prin epuizarea mediatorului chimic. ①

⓪ Caracteristici functionale ale sinapsei:
1. Unidirectionalitatea
2. Fatigabilitatea
3. Intarzierea sinaptică

3. *Intârzierea sinaptică* (latența): desfășurarea proceselor biologice la nivelul sinapsei, face ca răspunsul în celula postsinaptică să apară cu o întârziere de 0,5 - 1 ms. Sinapsele chimice sunt adevărate supape care împiedică transmiterea excitației cu rapiditate în întreg sistemul nervos. ①

Funcționarea sinapsei implică următoarele etape :

1. *Sinteza mediatorului chimic* se realizează în corpul celular al neuronului, de unde este transportat în butonul sinaptic și depozitat sub formă de vezicule sinaptice.

Principalii mediatori chimici sunt:

- acetilcolina (precursorul ei fiind colina) : mediator al sinapsei neuro-musculare; al sinapselor din SNV; al unor sinapse din SNC.
- adrenalina, noradrenalina și dopamina (precursor : tirozina) : mediator al sinapselor în SNC și SNV.
- aminoacizi (acidul glutamic, glicocolul);
- acidul gama-amino-butiric (GABA).

Majoritatea mediatorilor chimici sunt excitatori (produc excitație în celula postsinaptică); există însă si mediatori inhibitori : glicocolul, GABA. ②

① Etapele funcționării unei sinapse chimice

Sinteza mediatorului chimic (în somă), transportul axonal si depozitarea în butonul terminal
Eliberarea mediatorului chimic în fanta sinaptică
Interacțiunea mediatorului chimic cu receptorii postsinaptici si geneza PPSE și PPSI
Inactivarea mediatorului chimic

2. *Eliberarea mediatorului chimic* se face atunci când influxul nervos ajunge la nivelul membranei butonului terminal. Veziculele sinaptice se apropie de membrana presinaptică și își eliberează conținutul în spațiul sinaptic. La realizarea acestui proces participă și ionii de calciu.

3. *Interacțiunea mediatorului chimic cu receptorii* membranei postsinaptice. Parcurgând spațiul sinaptic, mediatorul chimic se cuplează cu receptorii specifici din membrana postsinaptică. Efectul cuplului mediator-receptor este de excitație sau de inhibiție, după cum sinapsele sunt excitatorii sau inhibitorii. ①

In sinapsele excitatorii, sosirea mediatorului pe suprafața receptorilor determină apariția unui potențial de tip catelectrotonic (depolarizant), care este gradat (în funcție de cantitatea de mediator chimic care intră în contact cu receptorii) și nu se propagă. Acest potențial poartă numele de potențial postsinaptic excitator (PPSE). La atingerea pragului de depolarizare, PPSE determină declanșarea potențialului de acțiune. ②

⓪
PPSE = potențial post-sinaptic excitator, rezultat al acțiunii mediatorului chimic excitator asupra membranei post-sinaptice.
PPSI = potențial post-sinaptic inhibitor, rezultat al acțiunii mediatorului chimic inhibitor asupra membranei post-sinaptice

In sinapsele inhibitorii, sosirea mediatorului chimic inhibitor produce un efect de tip anelectrotonus (hiperpolarizare). Potențialul apărut este gradat și nepropagat și poartă numele de potențial postsinaptic inhibitor (PPSI). El face celula postsinaptică mai puțin aptă de a declanșa un potențial de acțiune. ②

4. *Inactivarea mediatorului chimic*. Interacțiunea mediator-receptor este de scurtă durată. In momentul imediat următor intervin enzime specifice care inactivează mediatorul pentru a elibera receptorii și a da posibilitatea unui nou influx nervos să-și exercite efectul. Uneori, mediatorul poate fi recaptat în butonul presinaptic și refolosit. ②

Consecința funcționării sinapselor este în primul rând transmiterea influxului nervos de la celulă la celulă, pe distanțe mai mici sau mai mari – sinapsa este deci *agent de transmitere* a mesajelor. In SNC însă sinapsa are

Scanned with OKEN Scanner

capacitatea de a integra informațiile primite. La același neuron sosesc mesaje nervoase pe mai multe căi (*convergență centrală*). In membrana postsinaptică se produc potențiale postsinaptice, fie excitatorii, fie inhibitorii, însă neuronul este capabil să realizeze "suma algebrică" a acestor potențiale – sinapsa este astfel *agent de integrare* a mesajelor. Unii neuroni transmit același mesaj mai multor celule postsinaptice (*divergență centrală*) – astfel, sinapsa este și *agent de amplificare* a mesajului nervos. ②

Metabolismul neuronului. Bariera hemato-encefalică (sânge-creier)

Neuronul își asigură energia necesară desfășurării funcțiilor sale din *glucoză*, substrat care este transportat preferențial de sânge la creier. Pentru funcționarea sa normală, SNC trebuie să dispună de un aflux permanent de sânge. Alte țesuturi se pot lipsi de sânge pentru o perioadă destul de mare de timp, însă întreruperea afluxului sanguin al creierului pentru 5-10 minute, uneori chiar mai puțin, determină leziuni ale celulelor nervoase în mod ireversibil. ①

⓪ **Glucoza** – substratul energetic principal al neuronului.

Consumul de oxigen al creierului este, de asemenea, destul de mare, în comparație cu al celorlalte organe: deși SNC reprezintă aprox. 2 % din greutatea corpului, el consumă aproximativ 20 % din necesarul de oxigen al organismului. ②

Hipoglicemia - caz clinic (după Cunningham, 1992) ③

Se examinează un câine Boxer de 8 ani, prezentat la clinică pentru tulburări de comportament cu puțin înaintea administrării hranei.

Examen clinic: examinarea neurologică n-a evidențiat abateri de la normal.

Determinarea glicemiei a scos în evidență reducerea acesteia: 29 mg/dl (limite normale la câine: 70-110 mg/dl).

Comentariu: Neuronii au ca metaboliți necesari producerii de energie glucoza și oxigenul; ei nu pot stoca cantități apreciabile de glucoză. ATP-ul este necesar pentru menținerea potențialului membranar de repaus. Lipsa glucozei, deci a ATP-ului, va produce funcționarea defectuaoasă a creierului, cu manifestări nervoase, slăbiciune și confuzie. Aceste semne s-au accentuat înaintea administrării hranei, deoarece eliberarea insulinei (care ajută la preluarea glucozei) este stimulată de consumul hranei sau de anticiparea psihică a consumului. Dacă există o secreție excesivă de insulină (hiperfuncție pancreatică), aceasta va face ca o mai mare cantitate de glucoză să fie preluată de alte celule ale organismului, astfel încât neuronii sunt lipsiți de metabolitul lor esențial.

Capilarele țesutului nervos prezintă joncțiuni strânse între celulele lor endoteliale, ceea ce face ca schimbul de substanțe să fie foarte selectiv. Unele substanțe, cum sunt proteinele mari, toxinele și majoritatea medicamentelor nu traversează bariera hemato-encefalică, în timp ce altele, cum sunt glucoza și majoritatea aminoacizilor pătrund ușor în țesutul cerebral. Intre capilarele

Scanned with OKEN Scanner

⓪Bariera hemato-encefalică:
1. endoteliu capilar
2. astrocit
3. neuron

cerebrale şi neuroni se interpune un strat de celule gliale, cu prelungiri - astrocitele, care ajută la transportul substanţelor. ①

Bariera de selectivitate sânge-creier are rolul de a menţine homeostazia mediului în care îşi duc viaţa celulele nervoase. Singura regiune care nu dispune de această barieră este hipotalamusul, aspect important deoarece hipotalamusul asigură controlul unor parametri sanguini critici (osmolaritatea, glicemia etc.). ②

Fiziologia sistemului nervos somatic (al vieţii de relaţie)

Se deosebesc două componente ale sistemului nervos somatic (SNS):
- *sistemul senzitivo-senzorial (SNS aferent)*
- *sistemul somato-motor (SNS eferent)* ⓪

Sistemul senzitivo-senzorial (SNS aferent)

①SNS aferent (senzitivo-senzorial)

Rol: de informare asupra variaţiilor energetice ale mediului extern sau asupra modificărilor proprii în raport cu mediul exterior.
Structurile incluse: analizatorii.

Sistemul senzitivo-senzorial somatic informează organismul despre modificările din mediul ambiant sau despre modificările părţilor sale în raport unele cu altele sau cu mediul; acest sistem include structuri foarte complexe cunoscute sub numele de analizatori (analizori). ①

Orice analizator are trei segmente:
- *un segment periferic*, reprezentat de receptorii senzitivo-senzoriali, care culeg informaţiile din mediu;
- *un segment intermediar*, reprezentat de calea de conducere aferentă care transmite informaţiile către sistemul nervos central;
- *un segment central*, reprezentat de o zonă corticală specifică, unde informaţiile sunt prelucrate, elaborându-se senzaţia specifică. ①

Capacitatea organismului de a recepţiona, transmite şi prelucra informaţii externe sau interne, transformându-le în senzaţii, poartă numele de *sensibilitate*. ①

⓪Tipuri de sensibilitate

Exteroceptivă (corespunde celor 5 simţuri.): epicritică (fină); protopatică (grosieră)

Proprioceptivă (vizează organismul însuşi): kinestezică vestibulara interoceptivă.

Sensibilitatea poate fi exteroceptivă şi proprioceptivă. ⓪

Termenii de exteroceptiv şi proprioceptiv se raportează la originea informaţiilor primite. *Sensibilitatea exteroceptivă* se referă la perceperea informaţiilor din mediul înconjurător şi transformarea lor în senzaţii conştiente. Ea corespunde celor 5 simţuri (tactil, auz, văz, gust şi miros). Se subdivide în: sensibilitate *epicritică* (fină, discriminativă) şi sensibilitate *protopatică* (grosieră). *Sensibilitatea proprioceptivă* vizează organismul însuşi şi se referă la activitatea senzorială a aparatului locomotor (*sensibilitatea kinestezică*), la simţul poziţiei de echilibru (*sensibilitatea vestibulară*), dar şi la sensibilitatea organelor interne (*sensibilitatea interoceptivă*). Sensibilitatea proprioceptivă poate fi *inconştientă* (de exemplu, întinderea musculo-tendinoasă) şi *conştientă* (de exemplu, rezistenţa opusă contracţiei unui muşchi). ①

Scanned with OKEN Scanner

Senzațiile se împart în :

- senzații *nespecifice* (cele care sunt percepute de orice structură inervată senzitiv : piele, mucoase, mușchi, articulații, organe interne). Astfel de senzații sunt: durerea, senzația de cald, rece, presiune.
- senzații *specifice* (percepute de organe de simț specializate), cum ar fi: vederea asigurată de ochi, auzul asigurat de structurile urechii interne, gustul perceput de papilele gustative de pe limbă, mirosul perceput de mucoasa olfactivă a cavităților nazale. Nu se exclude faptul că aceste organe specializate au și receptori pentru durere, temperatură, presiune. ⓘ

Receptorii senzitivo-senzoriali

Receptorii senzitivo-senzoriali sunt adevărate *"ferestre"* ale organismului care permit accesul informației către sistemul nervos central. Informațiile nu pot fi transmise SNC în forma lor originală. Diversele forme de energie din mediul înconjurător sunt convertite de către receptori în influxuri nervoase. De exemplu, lumina este convertită de către fotoreceptorii din retină în influxuri nervoase, sunetul este convertit de către receptorii acustici din urechea internă în influxuri nervose. Aceste influxuri sunt modulate în frecvență în funcție de intensitatea agentului excitant. Cu cât excitantul este mai puternic cu atât receptorul generează mai multe influxuri care se transmit pe calea de conducere către centrii corticali (a se vedea noțiunea de informație și semnal de la începutul acestui capitol). ⓘ

In funcție de natura stimulilor care acționează asupra receptorilor, se disting mai multe tipuri de receptori :

- *mecanoceptori* - receptorii stimulați de deformări, presiuni, vibrații. In această categorie intră: receptorii de tact, presiune, receptorii kinestezici, receptorii de echilibru, vibrațiile sonore, precum si receptorii de distensie din organele interne și baroceptorii din pereții vaselor de sânge.
- *termoceptori* - receptorii stimulați de variațiile temperaturii mediului. Se întâlnesc caloceptori, stimulați de căldură, și geloceptori, stimulați de frig.
- *chemoceptori* - receptorii stimulați de variațiile compoziției chimice a mediului. Aici intră: receptorii gustativi, receptorii olfactivi, osmoreceptorii din pereții vaselor de sânge.
- *receptori electro-magnetici* - receptorii stimulați de energia luminoasă (fotoni). In această categorie intră fotoreceptorii retinieni.
- *nociceptori* - receptorii stimulați de o categorie aparte de substanțe chimice - *substanțe algogene* (histamina, bradikinina, prostaglandine) - eliberate de țesuturi prin traumatisme, inflamații, temperaturi prea scăzute sau prea ridicate. ⓘ

ⓘ Tipuri de receptori senzitivo-senzoriali:
1. mecanoceptori stimulați de presiuni, deformări, vibrații
2. termoceptori stimulați de variațiile temperaturii mediului
3. chemoceptori stimulați de variațiile compoziției chimice a mediului
4. receptori electromagnetici stimulați de fotoni
5. nociceptori stimulați de substanțe algogene.

Căile aferente senzitivo-senzoriale

Căile aferente senzitivo-senzoriale sunt reprezentate de:

Scanned with OKEN Scanner

- fibrele nervoase senzitive incluse în nervii cranieni sau nervii spinali;
- căile ascendente corticopete (care conduc mesajele de la etajele inferioare ale SN către cortexul cerebral).⓪

Fibrele nervoase senzitive sunt prelungirile periferice (dendritice) ale *protoneuronilor senzitivi* situați în ganglionii spinali sau cranieni și acestea sunt în legătură directă cu receptorii senzitivo-senzoriali. ①

Căile ascendente corticopete sunt fascicule ale SNC care conduc mesajele preluate de neuronii senzitivi din diverse regiuni ale corpului.

Mesajele din regiunea trunchiului și membrelor se transmit cortexului prin căi ascendente medulare. Acestea sunt:

⓪ **Căi ascendente medulare corticopete**

1.Calea cordoanelor dorsale: fasciculele gracillis și cuneatus

2.Calea cordoanelor antero-laterale: fasciculele spino-talamic și spino-reticular

3.Calea spino-cerebeloasă: fasciculele Flechsig și Gowers

- *calea cordoanelor medulare dorsale (calea spino-bulbo-talamo-corticală)* cuprinde: fasciculul *gracillis (Goll)* și *cuneatus (Burdach)*. Fibrele acestor fascicule sunt axonii protoneuronilor din ganglionii spinali și fac primul releu în bulb, în nucleii omonimi: Goll și Burdach. De la acești nuclei bulbari, axonii deuteroneuronilor se încrucișează și trec de partea opusă, constituind *lemniscul median (panglica Reil)*, care conduce mesajele până la nivelul talamusului (heterolateral). Aici, în nucleul ventral postero-lateral (NVPL) se realizează al doilea releu sinaptic. Neuronii talamici proiectează în cortex homolateral. ②

Mesajele primite de cortex pe calea cordoanelor medulare dorsale au în final o proiecție contralaterală dacă se raportează la locul lor de origine. Această cale transmite mesaje ale sensibilității tactile epicritice și ale sensibilității proprioceptive. ①

- *calea cordoanelor medulare antero-laterale.*

Există două fascicule antero-laterale: *fasciculul spinotalamic*, reprezentat de fibrele nervoase ale neuronilor din *substanța gelatinoasă Rolando* a cornului dorsal de măduvă, care traversează măduva în partea opusă, apoi urcă până în talamus; *fasciculul spino-reticular*, cu aceeași origine și aceeași stație terminus, dar cu un releu și în substanța reticulată bulbo-mezencefalică. Al doilea este specific sensibilitatii interoceptive. ②

Neuronii talamici ai căii antero-laterale se găsesc tot în nucleul ventral postero-lateral (NVPL), de unde se realizează proiecția în cortex, de aceeași parte.

Prin intermediul căilor de conducere antero-laterale se transmit informații ale sensibilității termice și dureroase (de unde și denumirea de *fascicul termo-algic*), dar și informații ale sensibilității tactile protopatice. ①

- *calea spino-cerebeloasă* conduce impulsuri ale sensibilității proprioceptive pe cale directă (fasciculul spino-cerebelos dorsal sau *fasciculul Flechsig*) sau încrucișată (fasciculul spino-cerebelos ventral sau *fasciculul Gowers*). Originea acestor fascicule este *coloana Clarke* de la baza cornului dorsal de substanță cenușie medulară. Calea directă urcă în lungul măduvei de aceeași parte și se termină în cerebel de aceeași parte, dar și de partea opusă. In cazul căii încrucișate, fibrele nervoase trec de partea opusă a măduvei prin

comisura cenuşie inferioară şi apoi urcă heterolateral până în cerebel. Cerebelul realizează conexiuni cu scoarta cerebrală prin *fasciculul cerebelo-talamic*. ②

Aferenţele senzitive din regiunea capului (faţă, ochi, urechi) urmează calea nervilor cranieni (trigemen - V, facial - VII), primul releu sinaptic făcându-se în nucleii senzitivi din trunchiul cerebral, iar al doilea în talamus. ①

Mesajele senzoriale (vizuale, auditive, olfactive, gustative) sunt transmise centrilor subcorticali şi corticali pe calea unor nervi cranieni (optic, acustic, olfactiv, glosofaringian). Căile tuturor aferenţelor senzitivo-senzoriale prezintă întrerupere în talamus, exceptând mesajele olfactive, care ocolesc talamusul. ①

In talamus are loc o primă analiză şi integrare a tuturor mesajelor (cutanate, proprioceptive, vizuale, auditive, etc.) transmise cortexului. ①

⓪Localizarea ariilor corticale senzitivo-senzoriale

1.Aria somatoestezică: în lobul cortical parietal

2.Aria acustică: în lobul temporal al cortexului

3.Aria vizuală: în lobul occipital al cortexului

4. Aria olfactivă: în rinencefal

Localizările corticale senzitivo-senzoriale

Fiecare analizator prezintă o arie de proiecţie corticală, prevăzută cu neuroni specializaţi în analiza şi prelucrarea finală a mesajelor transmise de la periferie, acestea fiind transformate în senzaţii caracteristice. Se disting :

- *aria somatoestezică*: primeşte mesaje tactile, termice, dureroase de la piele, precum şi impulsuri ale sensibilităţii profunde (proprioceptive) de la muşchi, tendoane, articulaţii. Această arie corticală este localizată la nivelul *lobului parietal* al cortexului cerebral. Suprafaţa proiecţiei corticale a unei regiuni corporale este proporţională cu densitatea receptorilor periferici, nu cu dimensiunile reale - *somatotopie*. Această reprezentare corticală este cunoscută sub numele de *homunculus senzitiv*. Zona de reprezentare somatotopică a limbii coincide cu reprezentarea corticală a aferenţelor gustative. ①
- *aria acustică*, de proiecţie a mesajelor sonore, este situată în *lobul temporal*. Tot în aria temporală sunt proiectate şi mesajele trimise de analizatorul vestibular. ①
- *aria vizuală*, situată la nivelul *lobului occipital*. ⓪
- *aria olfactivă*, situată în bulbul olfactiv şi tuberculul olfactiv al rinencefalului. ⓪

Sistemul nervos somato-motor (SNS eferent)

⓪SNS eferent (motor)

Rol: de realizare a posturii, locomoţiei, a actelor reflexe şi a mişcărilor voluntare
Structurile incluse:
- centrii motori;
- căile motorii.

Componenta motorie a sistemului nervos somatic include centrii nervoşi motori şi căile de conducere motorii care fac legatura cu musculatura sheletică a corpului. Prin intermediul sistemului nervos somato-motor se realizează coordonarea tonusului muscular şi a contracţiilor musculare în vederea asigurării posturii, locomoţiei, actelor reflexe şi mişcărilor voluntare. ①

Tonus muscular – o semicontractie care asigura mentinerea unei uşoare tensiuni musculare în stare de repaus ⓪

Scanned with OKEN Scanner

⓪Forme de activitate motorie

1.Activitate motorie involuntară: tonus postural, acte reflexe

2.Activitate motorie voluntară şi semivoluntară: stereotipuri dinamice (locomoţia, masticaţia etc.)

Există două forme de activitate motorie:

- activitate motorie *involuntară*, inconştientă, reprezentată de tonusul postural (tonusul musculaturii antigravitaţionale – muschi extensori) şi actele reflexe. ①

- activitate motorie *voluntară*, învăţată, conştientă, discriminativă, cum ar fi: prehensiunea alimentelor; initierea si incetarea masticatiei, initierea si oprirea deglutitiei, initierea si oprirea locomotiei etc. Majoritatea actelor motorii initiate voluntar si repetate ritmic devin *stereotipuri dinamice* – activitati semiautomate sau semivoluntare. ①

Dacă sistemul senzorial preia energia fizică şi o transformă în informaţie nervoasă, sistemul motor preia informaţia nervoasă şi o transformă în energie fizică (contracţie musculară). ①

Contracţia musculaturii scheletice are loc numai sub influenţa influxurilor nervoase trimise de *neuronii motori inferiori* (situaţi în coarnele ventrale ale măduvei şi în nucleii motori de origine ai nervilor cranieni). La rândul lor, neuronii motori inferiori nu trimit comenzi muşchilor până când nu primesc semnale pe cale descendentă de la *neuronii motori superiori* (incluşi în cortexul cerebral, formaţiuni ale trunchiului cerebral şi cerebel). ②

Centrii motori

Coordonarea activităţii motorii este realizată de o serie de centri nervoşi localizaţi în cortex şi în structurile nervoase subcorticale. ⓪

⓪Localizarea centrilor motori

Centrii motori corticali: în lobul frontal al cortexului şi parţial în lobul occipital

Centrii motori subcorticali: în nuclei bazali, în trunchiul cerebral, în cerebel, în măduva spinării.

Centrii motori corticali.

La nivelul cortexului motor se întâlnesc mai multe arii corticale, dintre care amintim: ①

1) - *aria motricitatii voluntare*, situată în circumvoluţiunea frontală ascendentă, unde există o reprezentare caracteristică a musculaturii părţii opuse a corpului (*somatotopie contralaterală*). Reprezentarea fiecarei zone musculare se extinde în funcţie de precizia şi finetea mişcarilor efectuate - *homunculus motor*.

2) - *aria motricităţii semivoluntare sau automate*, situată tot în circumvoluţiunea frontală ascendentă, dar şi în ariile frontale şi occipitale oculomotorii (implicate în mişcările conjugate ale capului şi ochilor).

3) - *aria psiho-motorie*, situată în cortexul frontal, cu rol în elaborarea mişcării.

In general, ariile motorii corticale au rol în declanşarea actelor motorii voluntare, în memorizarea lor şi în coordonarea mişcărilor succesive sau alternante (ritmice).

Centrii motori subcorticali.

Formaţiunile nervoase subcorticale implicate în activitatea motorie a organismului sunt: nucleii bazali, trunchiul cerebral (mezencefal, punte, bulb rahidian), cerebelul şi măduva spinării. ⓪

Scanned with OKEN Scanner

①Rolul motor al nucleilor bazali:

Controlul mişcărilor semiautomate: mersul, alergatul.

⇒ *Nucleii bazali (nucleul caudat, putamen şi globus pallidus)*, situaţi în profunzimea emisferelor cerebrale, asigură controlul mişcărilor semiautomate complexe (mersul, alergatul). Ei primesc informaţii de la cortexul cerebral. ①

⇒ *Trunchiul cerebral* prezintă numeroase structuri nervoase implicate mai ales în activitatea motorie reflexă.

Trunchiul cerebral prezintă conexiuni ascendente (cu scoarţa cerebrală) şi descendente (cu măduva spinării). Pe toată lungimea sa, trunchiul cerebral prezintă o reţea bogată de fibre nervoase printre care se găsesc răspândiţi neuroni multipolari, cunoscută sub numele de *formaţie reticulată.* ⓪

①Rolul motor al formaţiei reticulate:

Controlul tonusului muscular prin SRDA şi SRDI.

Ea este reprezentată de:

- *un sistem reticulat ascendent activator (SRAA)* care asigură un permenent "bombardament" cu informaţii nespecifice al neuronilor corticali, menţinându-i "în gardă", gata să reacţioneze în orice moment; astfel, acest sistem contribuie la starea de veghe a organismului. ①

①Rolul motor al tuberculilor cvadrigemeni:

Realizarea reflexelor de orientare

- *un sistem reticulat descendent*, care influenţează în sens activator *(SRDA)* sau inhibitor *(SRDI)* tonusul muscular, prin acţiunea exercitată asupra neuronilor motori medulari. ①

Trunchiul cerebral prezintă şi o serie de formaţiuni bine individualizate care intervin în activităţile motorii:

- *coliculii acustici şi vizuali* (tuberculii cvadrigemeni posteriori şi anteriori) şi oliva bulbară, care intervin în reflexele de orientare (rotirea capului şi a ochilor spre sursa de lumină sau de zgomot); ①

①Rolul motor al nucleilor vestibulari şi nucleului roşu

- Controlul tonusului muscular;
- Realizarea reflexelor statice şi statokinetice.

- *nucleii vestibulari şi nucleul roşu*, care stabilesc conexiuni cu neuronii motori medulari, participând la coordonarea tonusului muscular şi efectuarea unor mişcări corectoare adecvate pentru menţinerea echilibrului în repaus şi în mişcare (reflexele statice şi statokinetice); ①

- *nucleii motori* de origine a nervilor cranieni III, IV, V, VI, VII, IX, X, XI şi XII, implicaţi în activităţi motorii precum: reflexul de masticaţie (V); reflexul de deglutiţie (IX); reflexul cornean de clipire (VII); mimica facială (VII); mişcările globilor oculari (III, IV, VI); exprimările vocale (X, XII); menţinerea poziţiei capului (XI). In nucleii motori ai nervilor cranieni se găsesc *motoneuroni alfa*. Axonii lor constituie fibrele motorii ale nervilor cranieni, care realizează legături sinaptice cu muşchii capului şi gâtului. ①

①Nucleii motori ai n. cranieni:

- Nucleii n. III, IV, VI: controlul mişcărilor globilor oculari;
- Nucleul n.V : centrul reflexului masticator;
- Nucleul n.VII : centrul reflexului cornean de clipire; controlul mimicii;
- Nucleul n.IX: centrul reflexului de deglutiţie;
- Nucleii n.X, XII : centrii motori ai exprimărilor vocale;
- Nucleul n.XI: controlul poziţiei capului.

⇒ *Cerebelul* are un rol extrem de important în activitatea motorie a organismului prin toate cele trei componente ale sale:

- *arhicerebelul* sau "creierul vestibular" sau *vestibulocerebelul*, considerat centrul echilibrului, primeşte şi integrează mesajele labirintice provenite din urechea internă. ①

Scanned with OKEN Scanner

⓪Rolul cerebelului

Arhicerebelul sau vestibulocerebelul: centrul echilibrului

Paleocerebelul sau spinocerebelul: "creierul proprioceptiv" (cordonează tonusul muscular)

Neocerebelul sau cerebro-cerebelul: asigură armonia mişcărilor.

- *paleocerebelul* sau "creierul proprioceptiv" sau *spinocerebelul* primeşte mesaje kinestezice de la receptorii articulari şi musculari, fiind informat permanent asupra poziţiei corpului într-o anumită etapă a mişcării. Datorită conexiunilor cu trunchiul cerebral şi măduva spinării, participă la coordonarea tonusului muscular, pentru a asigura postura (poziţia antigravitaţională a corpului în spaţiu); ①

- *neocerebelul* sau *cerebrocerebelul* este interconectat cu ariile motorii corticale, primind permanent comenzi motorii pe care le supune analizei şi le integrează în funcţie de mesajele senzitive primite din corp; prin funcţia de previziune şi de amortizare, cerebelul asigură armonia mişcărilor, efectuarea unor mişcări adecvate scopului urmărit. ①

⇒ *Măduva spinării* constituie sediul căilor motorii descendente, cu origine în cortex sau subcortical, dar reprezintă şi centrul nervos pentru numerose activităţi motorii reflexe (reflexe miotatice şi cutanate). ①

In substanţa cenuşie a măduvei spinării se găsesc motoneuroni alfa şi gama, precum şi o serie de interneuroni (neuroni de asociaţie). ⓪

①Rolul centrilor motori medulari

- Menţinerea tonusul muscular;
- Realizarea unor acte reflexe somatice
- Controlul actelor motorii prin inhibiţie.

- *Motoneuronii alfa* sunt localizaţi în coarnele ventrale ale măduvei spinării şi constituie originea fibrelor nervoase motorii incluse în nervii rahidieni. Axonii motoneuronilor alfa părăsesc măduva prin rădăcinile ventrale ale nervilor rahidieni şi realizează legături sinaptice cu fibrele musculare scheletice ale muşchilor trunchiului şi membrelor. Impulsurile descărcate permanent de motoneuronii alfa menţin tonusul musculaturii scheletice. ⓪

Dendritele şi soma motoneuronului alfa sunt acoperite de un număr imens de sinapse. Cele mai multe sinapse se fac cu interneuronii medulari. Unele dintre sinapse sunt excitatorii, iar altele inhibitorii. ①

- *Motoneuronii gama* sunt situaţi tot în coarnele ventrale ale măduvei spinării, dar au dimensiuni mai mici, iar axonii lor fac sinapsă cu fibrele musculare intrafusale (ale fusului neuro-muscular). Motoneuronii gama comandă contracţia fibrelor intrafusale şi ca urmare se realizează excitarea fibrelor senzitive ale fusului neuro-muscular (vezi descrierea fusului neuro-muscular în capitolul 3), care fac legătura cu motoneuronii alfa; aceştia vor determina contracţia fibrelor musculare extrafusale (ale muşchiului propriu-zis). Se realizează astfel un control motor prin aşa-numita *buclă alfa-gama*. ②

⓪Neuroni motori medulari:

- Motoneuroni alfa: in coarnele ventrale;
- Motoneuroni gama: in coarnele ventrale;
- Interneuroni: in coarnele dorsale.

- *Interneuronii (neuronii de asociaţie)* sunt situaţi, obişnuit, în coarnele dorsale ale substanţei cenuşii medulare. De regulă, ei se interpun între neuronul senzitiv şi motoneuronul medular, având rolul, de multe ori, de a transmite informaţia senzitivă spre alte etaje ale măduvei sau spre creier. Dar mulţi neuroni de asociaţie sinaptizează direct cu motoneuronii alfa, influenţând activitatea acestora. ①

Dintre interneuronii implicaţi în controlul motor fac parte *celulele Renshaw*. Aceste celule sunt interneuroni inhibitori care realizează fenomenul de *inhibiţie recurentă*. Astfel, o colaterală a axonului motoneuronului alfa face sinapsă cu o celulă Renshaw. La rândul ei, celula Renshaw face sinapsă chiar cu motoneuronul de origine. Prin urmare, o descărcare excesivă a

Scanned with OKEN Scanner

motoneuronilor determină activarea celulelor Renshaw care au efect inhibitor şi reduc rata de descărcare a motoneuronilor respectivi. ②

Există şi interneuroni inhibitori care se interpun între neuronul senzitiv al unui muşchi şi motoneuronul muşchiului antagonist. Astfel, o contracţie a unui muşchi flexor determină o relaxare a unui muşchi extensor. Fenomenul se numeşte *inhibiţie conjugată reciprocă* şi intervine în coordonarea mişcărilor de flexie şi extensie din timpul mersului. ②

Căile motorii

⓪Căile motorii

Calea motorie piramidală (idiokinetică):
- f. cortico-bulbar;
- f. piramidal încrucişat;
- f. piramidal direct.

Calea motorie extrapiramidală (holokinetică):
- f. rubro-spinal;
- f. reticulo-spinal;
- f. vestibulo-spinal;
- f. tecto-spinal

Calea motorie comună finală:
- axonii neuronilor motori inferiori incluşi în nervii cranieni şi spinali;
- sinapsa neuro-musculară.

Conducerea mesajelor nervose motorii de la centrii de comandă superiori la motoneuronii alfa şi gama din trunchiul cerebral şi din măduva spinării se face pe două căi: calea piramidală şi calea extrapiramidală. Motoneuronii din centrii corticali şi o parte din cei subcorticali sunt numiţi *motoneuroni superiori*, iar motoneuronii alfa şi gama sunt numiţi *motoneuroni inferiori*; ultimii constituie calea comună finală de transmitere a mesajului motor către musculatura scheletică a corpului. ①

Calea de conducere piramidală asigură conducerea directă a mesajelor nervoase de la ariile motorii corticale la motoneuronii trunchiului cerebral şi ai măduvei spinării. Această cale este reprezentată de axonii celulelor gigante Betz, localizate în ariile motorii. O parte din aceşti axoni se opresc în nucleii motori ai nervilor cranieni şi fac sinapsă cu motoneuronii care deservesc muşchii regiunii capului şi gâtului (*tractusul cortico-bulbar*), iar restul axonilor traversează întreg trunchiul cerebral, formează piramidele bulbare, apoi intră în substanţa albă a măduvei, formând două *tractusuri cortico-spinale*:

- *fasciculul piramidal încrucişat*, care ocupă cordonul lateral de substanţă albă a măduvei;
- *fasciculul piramidal direct*, care ocupă cordonul ventral de substanţă albă a măduvei. ②

Ambele fascicule se termină heterolateral faţă de originea lor corticală: fibrele fasciculului încrucişat se încrucişează cu ale congenerului său la nivelul bulbului rahidian, iar ale fasciculului direct trec în partea opusă a măduvei chiar la nivelul segmentelor medulare unde fac sinapsă cu motoneuronii. Fibrele celor două fascicule sinaptizează, pe măsură ce merg descendent în lungul măduvei, cu motoneuronii din coarnele ventrale ale substanţei cenuşii. Cea mai mare parte din fibrele căii piramidale se opresc în regiunea toracică (dorsală) şi numai o mică parte ajunge în regiunea sacrală. Această situaţie e valabilă doar la om şi carnivore. La cal, vacă, porc, fibrele piramidale se opresc la nivelul măduvei cervicale. ②

Calea motorie piramidală (numită şi *idiokinetică*) asigură execuţia mişcărilor voluntare, fine şi precise. Datorită încrucişării căilor piramidale, fiecare emisferă cerebrală are sub dependenţa sa activitatea motorie din jumătatea opusă a corpului. ①

Scanned with OKEN Scanner

Calea de conducere extrapiramidală este mult mai complexă deoarece îşi are originea în numeroase regiuni ale encefalului (cele mai importante fiind tuberculii cvadrigemeni, nucleul roşu, nucleii vestibulari, substanţa reticulată). Legătura acestor regiuni cu măduva spinării se face pe alte căi decât prin intermediul piramidelor bulbare. ①

Fasciculele sistemului extrapiramidal sunt:

- *fasciculul tecto-spinal* (de la tuberculii cvadrigemeni la măduva spinării);
- *fasciculul rubro-spinal* (de la nucleul roşu la măduva spinării);
- *fasciculul reticulo-spinal* (de la substanţa reticulată la măduva spinării);
- *fasciculul vestibulo-spinal* (de la nucleii vestibulari la măduva spinării). ①

O parte din nucleii incluşi în căile extrapiramidale au legătură şi cu cerebelul (stabilindu-se indirect conexiuni cerebelo-spinale). De asemenea, regiunile motorii ale trunchiului cerebral primesc eferenţe si de la cortex prin intermediul fasciculelor cortico-striate sau cortico-talamice. ①

Căile extrapiramidale (numite şi *holokinetice*) sunt implicate în realizarea mişcărilor semivoluntare sau involuntare, de mai mică finete şi în coordonarea tonusului postural. Aceste căi sunt bine reprezentate la animale. ①

⓪ **Unitatea motorie** – un motoneuron impreună cu fibrele musculare scheletice deservite.

Calea comună finală a mesajului motor este reprezentată de motoneuronii din nucleii motori ai nervilor cranieni sau din coarnele ventrale ale măduvei spinării (cunoscuţi în fiziologie ca *neuroni motori inferiori*). Axonii acestor neuroni constituie fibrele nervoase motorii ale nervilor periferici (cranieni şi rahidieni). Fiecare motoneuron îşi distribuie ramificaţiile axonale unui grup de fibre musculare scheletice. Un motoneuron împreună cu fibrele musculare scheletice deservite de axonul său reprezintă o *unitate motorie* (elementul de bază al coordonării activităţilor musculare). O descărcare a unui motoneuron alfa determină contracţia tuturor fibrelor musculare deservite de acesta. ①

Afecţiunea neuronilor motori inferiori - caz clinic (după Cunningham, 1992) ③

Se examinează un câine, brac german, mascul, în vârstă de 2 ani. Cu 48 h înainte s-a instalat o paralizie progresivă, mai întâi la nivelul membrelor posterioare, apoi la nivelul membrelor anterioare.

Examenul clinic evidenţiază imposibilitatea susţinerii pe cele 4 membre, absenţa reflexelor la toate cele 4 membre, atrofia musculară extinsă la toate cele 4 membre; în schimb câinele este capabil să-şi mişte capul, să mănânce, să bea apă şi pare să fie conştient de stimulii dureroşi.

Comentariu: Atrofia generalizată, paralizia şi pierderea reflexelor indică dispariţia bilaterală a funcţiei neuronilor motori inferiori. Din fericire, boala nu a cuprins muşchii capului şi diafragmul. S-a pus diagnosticul de poliradiculonevrită. Afectarea neuronilor motori medulari se pare că este precedată adesea de muşcătura unui alt animal, în urmă căreia se instalează o boală autoimună, care cuprinde numai rădăcinile ventrale ale nervilor rahidieni, nu şi pe cele dorsale (de aceea animalul simte durerea).

Scanned with OKEN Scanner

Legătura dintre un buton terminal al axonului şi o fibră musculară scheletică se realizează printr-o joncţiune sinaptică specială numită *sinapsă neuro-musculară.* ⓪

⓪ Sinapsa neuro-musculară:

- Mediatorul chimic: acetilcolina
-Enzima de inactivare: acetilcolinesteraza

Sinapsa neuro-musculară (placa motorie) este o sinapsă de tip excitator, care are ca mediator chimic *acetilcolina.* La fiecare descărcare a neuronului motor alfa, influxul nervos ajuns la nivelul regiunii presinaptice determină eliberarea acetilcolinei în fanta sinaptică. Acetilcolina se fixează pe receptorii specifici din regiunea postsinaptică (o porţiune din membrana fibrei musculare) formând cuplul mediator-receptor. In zona de contact sinaptic, membrana fibrei musculare prezintă numeroase pliuri (fante sinaptice secundare) care permit fixarea unui număr cât mai mare de molecule de acetilcolină. Fixarea acetilcolinei pe membrana postsinaptică determină apariţia unui *potenţial local de placă.* Dacă acest potenţial este suficient de puternic se declanşează potenţialul de acţiune urmat de contracţia musculară. Acetilcolina se leagă de receptorul său cu puţin înainte de a interveni enzima de inactivare - *acetilcolinesteraza.* Aşadar, imediat după formarea cuplului mediator-receptor intervine acetilcolinesteraza care scindează acetilcolina, astfel încât următorul influx nervos găseşte receptorii postinaptici disponibili pentru acţiunea noilor molecule de acetilcolină eliberate. ②

Miastenia gravis - caz clinic (după Cunningham, 1992) ③

Se examinează un câine, Ciobănesc german, femelă, în vârstă de 5 ani, care prezintă slăbiciune musculară după efort fizic, si vomă sub formă de boluri cilindrice după consumul hranei.

Examen clinic: In repaus examenul SN nu evidenţiază modificări, dar în timpul alergatului, câinele oboseşte progresiv. Administrarea i.v a unui inhibitor al acetilcolinesterazei elimină orice semn de slăbiciune. Radiografia toracelui evidenţiază esofagul şi timusul mărite.

Comentariu: Esofagul dilatat şi răspunsul la administrarea inhibitorului acetilcolinesterazei confirmă diagnosticul de miastenia gravis (slăbiciune musculară acută). Ea este cauzată de reducerea transmiterii neuro-musculare ca urmare a producerii de anticorpi anormali care complexează receptorii colinergici din sarcolema fibrelor musculare. Acetilcolina fiind foarte puţin timp disponibilă în sinapsă (datorită intervenţiei rapide a acetilcolinesterazei), iar fixarea pe receptori împiedicată, transmiterea sinaptică este blocată. Un inhibitor al acetilcolinesterazei va permite menţinerea acetilcolinei mai mult timp la nivelul sinapsei pentru a facilita transmiterea normală. Proporţia mare a musculaturii striate în structura esofagului la câine explică paralizia acestuia şi dilatarea lui. Miastenia gravis este adesea însoţită de afecţiunea timusului, care este sursa de anticorpi antireceptori colinergici.

Scanned with OKEN Scanner

Fiziologia sistemului nervos vegetativ (autonom)

Sistemul nervos vegetativ (SNV) asigură reglarea funcțiilor organelor interne. Această componentă a SN este cunoscută și sub denumirea de *sistem nervos autonom*, deoarece nu se află, în general, sub controlul conștienței. Termenul provine din două cuvinte grecești cu semnificația de autoguvernare sau independență (a se supune unor legi proprii): ⓪

autos (gr.) = însuși, de la sine, singur;
nomos (gr.) = lege, normă

Din punct de vedere topografic, SNV este alcătuit dintr-un segment central, reprezentat de centrii vegetativi din creier și măduva spinării - *segmentul vegetativ intranevraxial* și un segment periferic, reprezentat de căi senzitive (aferente) cu origine la nivelul organelor și căi eferente vegetative, care emerg de la segmentul central către organe - *segmentul vegetativ extranevraxial*. ⓪

Din punct de vedere funcțional, SNV are, ca și SNS, două componente:
- un *sistem vegetativ aferent*, responsabil de sensibilitatea interoceptivă;
- un *sistem vegetativ eferent*, care include centrii vegetativi și calea eferentă vegetativă, cu rol de reglare a funcțiilor organelor interne, dar și de control al unor reacții emoționale și comportamentale. ⓪

Sistemul vegetativ eferent are două componente, obișnuit antagoniste: ortosimpaticul și parasimpaticul. De regulă, *ortosimpaticul* are rol activator, iar *parasimpaticul* rol inhibitor (aspect care nu este general valabil). Cele două componente neuro-vegetative antagoniste acționează astfel încât să asigure homeostazia generală a organismului (menținerea echilibrului și constanței mediului intern). ⓪

Sistemul nervos vegetativ (SNV) aferent

⓪ SNV aferent

Rol: responsabil de sensibilitatea interoceptivă
Structurile incluse:
- visceroceptorii;
- căile aferente vegetative;
- ariile corticale vegetative

Fibrele vegetative aferente sunt, ca în cazul oricărei aferențe senzitive, prelungirile dendritice ale neuronilor senzitivi din ganglionii spinali sau din ganglionii nervilor cranieni. Aceste fibre conduc informații ale sensibilității viscerale (interoceptive) de la receptorii organelor interne la centrii nervoși, fie pentru informarea cortexului (care elaborează senzații și comenzi ca și în cazul sensibilității exteroceptive sau kinestezice) fie pentru declanșarea unor reflexe vegetative (secreție salivară, gastrică, etc.). ①

Receptorii din organele interne sunt cunoscuți ca *interoceptori* sau *visceroceptori*. Ei pot fi:

- *mecanoceptori*, situați în pereții organelor (stomac, intestin, vezică urinară, alveole pulmonare - *presoceptori*; cord - *voloceptori*, vase de sânge - *baroceptori*); ei sunt stimulați prin distensia pereților organelor respective ca urmare a umplerii lor;

Scanned with OKEN Scanner

①Tipuri de visceroceptori:

Mecanoceptori: stimulaţi de distensia pereţilor organelor (presoceptori, voloceptori, baroceptori)
Chemoceptori: stimulaţi de modificarea compziţiei chimice a sângelui (osmoceptori)
Termoceptori: stimulaţi de variaţiile temperaturii mediului intern
Nociceptori: stimulaţi de leziuni, inflamaţii ale organelor interne.

- *chemoceptori*, situaţi mai ales în pereţii vaselor de sânge - *osmoceptori*, sunt stimulaţi de modificarea compoziţiei chimice a sângelui;
- *termoceptori*, situaţi în toate organele, răspund la variaţiile temperaturii mediului intern;
- *nociceptori* (receptori de durere), situaţi mai ales în seroasele organelor interne, sunt stimulaţi de leziuni şi procese inflamatorii. ①

Căile aferente vegetative sunt reprezentate de:
- fibrele nervoase senzitive care preiau informaţii de la visceroceptori;
- căile ascendente medulare din cordoanele antero-laterale: *fasciculul spinoreticular*, specific sensibilităţii interoceptive; *fasciculul spinotalamic*, comun sensibilităţii interoceptive şi exteroceptive . ⓪

Transmiterea mesajelor interoceptive se face lent, deoarece calea de conducere include o reţea polineuronală a substanţei reticulate din trunchiul cerebral. Din acest motiv, durerea viscerală este slab percepută, difuză, spre deosebire de durerea cutanată, care este fulgerătoare, acută. Datorită transmiterii mesajelor interoceptive şi pe calea sensibilităţii exteroceptive, uneori durerea viscerală este resimţită ca durere a unei regiuni cutanate (în acest caz, este numită *durere referită*). De exemplu, durerea cardiacă la om este percepută ca o durere în umărul şi braţul stâng. La animale, durerea produsă în cunoscuta reticulo-pericardită traumatică a bovinelor este percepută şi ca durere referită, în regiunea grebănului.②

Ariile corticale vegetative nu au o delimitare precisă.

⓪
Durerea referită – durerea viscerală resimţită ca durere cutanată.

Sistemul nervos vegetativ (SNV) eferent

SNV eferent intranevraxial

Este reprezentat de o serie de centri vegetativi localizaţi în majoritatea structurilor SNC: cortexul cerebral, sistemul limbic, hipotalamus, trunchiul cerebral şi măduva spinării. ⓪

⓪SNV eferent

Rol: responsabil de activităţile vegetative (cardio-vasculare, digestive, metabolice, etc.)
Structurile incluse:
- Centrii vegetativi;
- Căile eferente vegetative.

Cortexul cerebral nu prezintă o regiune strict specializată pentru integrarea activităţii vegetative. In cortexul cerebral, printre ariile senzitivo-senzoriale şi motorii, se găsesc şi *arii vegetative de asociaţie*. Rolul acestora este de a integra funcţiile somatice cu cele vegetative. De exemplu, comanda unei activităţi motorii va fi urmată de o comandă vegetativă care va declanşa vasodilataţie în muşchii activi (asigurând o bună irigaţie cu sânge a ţesutului muscular). ①

Sistemul limbic, reprezentat de formaţiunile de pe faţa ventrală a emisferelor cerebrale, este considerat "*creierul emoţional*" deoarece este centrul superior de integrare a stărilor emoţionale: bucuria, frica, agresivitatea. Aceste stări sunt întotdeauna însoţite de manifestări vegetative: salivaţie, horipilaţie, tahicardie, sudoraţie, hipertensiune. ①

Scanned with OKEN Scanner

Hipotalamusul are cel mai important rol în reglarea activității vegetative, de aceea este întâlnit și sub denumirea de *"creier visceral"* sau *"creier vegetativ"*. In partea antero-medială a hipotalamusului se află *centrii vegetativi parasimpatici*, iar în partea postero-laterală, *centrii vegetativi ortosimpatici*. Stimularea acestor centri determină efecte antagoniste: ①

- parasimpaticul este *trofotrop* (stimulează procesele anabolice, contribuind la refacerea rezervelor energetice și favorizând creșterea) și *endofilactic* (protejează organismul: toate funcțiile, cu excepția digestiei, sunt încetinite);
- ortosimpaticul este *ergotrop* (stimulează procesele catabolice, favorizând consumul energetic) și *dinamogenetic*: toate funcțiile, exceptând digestia, sunt accelerate.

Hipotalamusul intervine și în reglarea senzațiilor de foame și sete, în reglarea temperaturii corpului, precum și în controlul reproducției și al funcțiilor endocrine. ②

⓪ **Localizarea centrilor vegetativi:**

Cortexul cerebral: arii vegetative de asociație
Sistemul limbic: "creierul emoțional"
Hipotalamusul: "creierul vegetativ" (centri ortosimpatici și parasimpatici)
Trunchiul cerebral: centri parasimpatici
Măduva spinării: centri ortosimpatici și parasimpatici)

Trunchiul cerebral ca centru vegetativ.

Formația reticulată, în afară de realizarea activităților cunoscute (efect dinamogenetic asupra cortexului și tonic general asupra musculaturii scheletice), intervine și în reglarea unor funcții vegetative. Stimularea formației reticulate determină: intensificarea respirației, creșterea tensiunii arteriale, midriază, secreția adrenalinei. ①

Centrii vegetativi din trunchiul cerebral sunt predominant parasimpatici, dar există și un centru ortosimpatic. ①

- Centrul ortosimpatic este reprezentat de *centrul vasomotor bulbar*, care comandă tonusul vaselor de sânge (menținerea calibrului vascular).
- Centri parasimpatici sunt: *centrul salivator bulbo-protuberanțial*; *centrul pupilo-constrictor*; *centrul cardiomoderator*, *centrul gastrosecretor*, *gastromotor* etc. ②

Măduva spinării ca centru vegetativ.

In măduva spinării se găsesc numeroși centri ortosimpatici și mai puțini centri parasimpatici.

- Centrii ortosimpatici medulari sunt localizați în segmentele regiunii toraco-lombare. Aceștia sunt: *centrul cardioaccelerator* (segmentele C_8-T_2); *centrii vasoconstrictori* (măduva toraco-lombară); *centrul pupilo-dilatator* (segmentele T_1- T_2).
- Centrii parasimpatici medulari sunt localizați în regiunea măduvei sacrate și sunt implicați în comanda activității vezicii urinare, a porțiunii terminale a intestinului gros și a organelor genitale (centrii micțiunii, defecației, reflexelor sexuale). ①

Scanned with OKEN Scanner

2. *SNV eferent extranevraxial*

⓪Deosebirea dintre calea eferentă somatică şi cea vegetativă:

Calea eferentă somatică: un singur neuron trimite mesajul la mușchi
Calea eferentă vegetativă: doi neuroni conduc mesajul la organul deservit (unul central şi al doilea periferic, situat într-un ganglion).

Deosebirea esențială dintre sistemul nervos somatic şi cel vegetativ este evidentă la nivelul componentei eferente extranevraxiale. Fibrele somato-motorii extranevraxiale asigură inervația musculaturii scheletice, pe când fibrele eferente vegetative transmit comenzile următoarelor structuri: musculaturii netede a organelor interne, mușchiului cardiac şi țesutului glandular. ①

Dacă pentru sistemul nervos somatic, originea fibrei motorii periferice este motoneuronul situat în trunchiul cerebral sau în măduva spinării (un singur neuron transmite mesajul motor direct la mușchi), în cazul SNV, calea eferentă include doi neuroni: un neuron situat central, în trunchiul cerebral sau măduva spinării, şi un neuron situat periferic, într-un ganglion vegetativ. Axonul primului neuron constituie *fibra vegetativă preganglionară*, iar axonul celui de al doilea neuron reprezintă *fibra postganglionară*. ①

Din punct de vedere al originii centrale, distribuției periferice şi funcției îndeplinite, SNV eferent are două subdiviziuni:

- sistemul eferent simpatic (ortosimpatic), cu fibrele preganglionare mai scurte decât fibrele postganglionare, sau de lungime egală.
- sistemul eferent parasimpatic, cu fibrele preganglionare foarte lungi, iar fibrele postganglionare foarte scurte. ①

⓪SNV eferent ortosimpatic

Originea: măduva toraco-lombară
Ganglioni:
- paravertebrali
- prevertebrali
- glanda medulosuprarenală
Nervi: spinali (C_8 - L_3).

SISTEMUL TORACO LOMBAR

A. Sistemul eferent ortosimpatic cuprinde fibrele nervoase care îşi au originea în coarnele intermedio-laterale ale substanței cenuşii medulare, în segmentele toraco-lombare (C_8 - L_3). Din acest motiv, sistemul ortosimpatic mai este numit şi *sistemul toraco-lombar*. Axonii neuronilor localizați la acest nivel părăsesc măduva prin rădăcina ventrală a nervului rahidian apoi ajung în *ganglionii paravertebrali* situați de o parte şi de alta a coloanei vertebrale, unde fac sinapsă cu al doilea neuron. Neuronii din ganglionii paravertebrali transmit mesaje organelor din cavitatea toracică şi vaselor de sânge. ①

In afara acestei distribuții metamerice în lungul coloanei toraco-lombare, fibrele ortosimpatice prezintă si unele particularități de distribuție ①②

1. O parte din fibrele preganglionare din segmentele C_8-T_2 traversează ganglionii paravertebrali fără a face sinapsă la acest nivel, apoi se orientează ascendent către un ganglion mai voluminos din regiunea superioară a gâtului - *ganglionul cervical superior* şi aici fac sinapsă cu neuronii ce deservesc organele din regiunea capului. Aceste fibre constituie *conectivul simpatic cervical* (uneori, acesta se unește cu n. vag şi formează *conectivul vago-simpatic*).

2. Alte fibre preganglionare (din regiunea lombară) constituie *nervii splanhnici*, care fac sinapsă în *ganglionii prevertebrali* (celiac, mezenteric cranial, mezenteric caudal) situați ventral (anterior) de coloana vertebrală. Neuronii acestor ganglioni transmit mesaje organelor din cavitatea abdominală.

Scanned with OKEN Scanner

n. micul splanhnic

3. *Glanda medulosuprarenală* este un ganglion ortosimpatic modificat. Câțiva axoni ai neuronilor ortosimpatici din măduva lombară (fibre preganglionare) se distribuie medulosuprarenalei unde sinaptizează cu neuroni rudimentari, transformați în *celule cromafine* (celulele secretorii ale medulosuprarenalei). Acești "foști" neuroni nu mai prezintă fibre de distribuție pentru anumite organe, ci secretă substanța neuromediatoare direct în sânge (noradrenalina și adrenalina); astfel, sângele distribuie substanțele, devenite hormoni, în toate țesuturile organismului.

B. Sistemul eferent parasimpatic își are originea în trunchiul cerebral și în măduva sacrată, de unde și denumirea lui de *sistem cranio-sacral*. ⓪

In trunchiul cerebral se găsesc trei nuclei parasimpatici: ①

- *nucleul ocular Edinger-Westphal*;
- *nucleul lacrimo-salivar*, cu trei subnuclei (lacrimal, salivar oral, salivar aboral);
- *nucleul cardio-pneumo-gastric* (nucleul dorsal al vagului).

Neuronii din acești nuclei constituie centrii parasimpatici ai trunchiului cerebral (vezi mai sus). Axonii lor constituie fibrele preganglionare care intră în constituția unor nervi cranieni (III, VII, IX și X), apoi pătrund în ganglionii din apropierea globului ocular (*ganglionul ciliar*), din apropierea glandelor salivare (*ganglionii lingual* și *otic*) sau din peretele organelor toraco-abdominale (*nodul sino-atrial* al inimii, *plexurile intramurale* ale tubului digestiv). ①

In măduva sacrată se găsesc neuroni parasimpatici, localizați în coarnele intermedio-laterale ale substanței cenușii medulare. Axonii lor însoțesc nervii pelvini până în peretele organelor deservite: porțiunea terminală a intestinului gros; vezica urinară și organele genitale. ①

⓪ **SNV eferent parasimpatic**

Originea:
- trunchiul cerebral
- măduva sacrală

Ganglioni:
- viscerali (regiunea capului)
- plexurile intramurale

Nervi:
- cranieni (III, VII, IX, X);
- spinali (reg.sacrală)

SISTEM CRANIO SACRAL

Activitatile vegetative

Majoritatea organelor interne au o dublă inervație vegetativă: ortosimpatică și parasimpatică. Reglarea funcțiilor vegetative se realizează, de obicei prin acțiunea conjugată a celor două componente neuro-vegetative. ⓪

In organism se întâlnesc mai multe situații :

1. Ambele componente vegetative sunt prezente și au *acțiune antagonistă* (un antagonism adevărat) : de exemplu, la nivelul nodului sino-atrial din peretele atriului drept al inimii ajung fibre ortosimpatice cardio-acceleratoare și fibre parasimpatice cardio-moderatoare, efectul lor fiind de creștere, respectiv de reducere a frecvenței de descărcare a impulsurilor. ①

2. Ambele componente sunt prezente, dar au o *acțiune aparent antagonistă:* de exemplu, pupila este micșorată sau dilatată sub acțiunea para- și ortosimpaticului, dar fibrele parasimpatice inervează m.constrictor pupilar pe care îl contractă, iar fibrele ortosimpatice inervează m. dilatator al pupilei, pe care, de asemenea, îl contractă. ①

Scanned with OKEN Scanner

⓪Activităţi vegetative

Antagoniste: cardioacceleraţie ortosimpatică şi cardioinhibiţie parasimpatică

Aparent antagoniste: mioza parasimpatică şi midriaza ortosimpatică

Sinergice: hipersalivaţie orto- şi parasimpatică

Inervaţie unică ortosimpatică: vasoconstricţie şi vasodilataţie ortosimpatică

3. Ambele componente sunt prezente şi au *acţiune sinergică*: un exemplu îl oferă glandele submandibulare inervate orto- şi parasimpatic (ambele inervaţii determină stimularea secreţiei salivare). ①

4. Un caz particular este faptul că *inervaţia unică ortosimpatică* a vaselor de sânge este suficientă pentru reglarea tonusului vascular: creşterea descărcărilor ortosimpatice determină vasoconstricţie, iar reducerea lor produce vasodilataţie. ①

Efectele exercitate asupra organelor de către SNV sunt redate în următorul tabel: ②

Organul inervat	Efectul ortosimpaticului	Efectul parasimpaticului
Globul ocular	midriază (dilatarea pupilei) exoftalmie	mioză (micşorarea pupilei) enoftalmie
Mb. nictitantă	contracţie	relaxare
Glandele salivare	secreţie salivară vâscoasă	secreţie salivară apoasă
Inimă	tahicardie	bradicardie
Tub digestiv	reducerea motricităţii gastro-intestinale; contracţia sfincterelor	creşterea motricităţii gastro-intestinale; relaxarea sfincterelor; stimularea defecaţiei
Bronhii	relaxare	contracţie
Vezică urinară	umplerea	golirea
Aparat genital - *uter* - *organ copulator*	 relaxare ejaculare	 contracţie erecţie
Muşchi pilomotor	contracţie (horipilaţie)	-
Vasele de sânge	creşterea tonusului vascular: contracţie excepţie vasele coronare: dilataţie	-

Transmiterea sinaptica in SNV

⓪ **Sinapse colinergice** – mediate de acetilcolină

Spre deosebire de transmiterea sinaptică periferică a SNS, mediaţia chimică din cadrul SNV eferent extranevraxial se realizează atât printr-o sinapsă interneuronală ganglionară, cât şi printr-o sinapsă neuro-efectoare. ⓪

Ca şi în cazul sinapsei neuro-musculare scheletice, mediatorul chimic al sinapsei ganglionare vegetative este acetilcolina (neuronul preganglionar secretă întotdeauna acetilcolina). Sinapsele în care se eliberează acetilcolina sunt denumite *sinapse colinergice*. ①

Scanned with OKEN Scanner

⓪ **Sinapse adrenergice** mediate de noradrenalină

Sinapsele neuroefectoare ale SNV nu sunt toate colinergice. In sistemul parasimpatic, mediația chimică este întotdeauna colinergică. In sistemul ortosimpatic însă, mediatorul chimic eliberat de neuronul postganglionar este aproape întotdeauna noradrenalina (norepinefrina). Sinapsele în care se eliberează noradrenalina se numesc *sinapse adrenergice*. Există şi neuroni ortosimpatici care secretă acetilcolină: cei care asigură inervația vaselor de sânge ai mușchilor scheletici - efect vasodilatator; sau cei care asigură inervația glandelor sudoripare. ①

Neuromediatorii secretați de neuronii SNV își exercită efectul prin legarea de *receptorii postsinaptici*. Acești receptori sunt diferiți în sinapsele colinergice şi adrenergice. Ei constituie nu numai locul de acțiune a mediatorilor chimici specifici, ci şi locul de acțiune a unor medicamente, care vor avea efecte agoniste sau antagoniste, parasimpatice sau ortosimpatice. ①

Transmiterea sinaptică colinergică

Receptorii colinergici sunt: muscarinici şi nicotinici. ①

① **Receptori colinergici – *muscarinici*** în sinapsele neuro-efectoare parasimpatice - ***nicotinici*** în sinapsele ganglionare para- şi ortosimpatice.

Receptorii muscarinici se găsesc în sinapsele colinergice neuro-efectoare ale SNV parasimpatic. Se numesc muscarinici pentru că sunt stimulați specific de un alcaloid toxic, numit *muscarină*. ②

Receptorii nicotinici se găsesc în toate sinapsele colinergice interneuronale din ganglionii vegetativi orto- şi parasimpatici, dar şi la nivelul sinapsei neuro-musculare. Se numesc nicotinici, deoarece sunt stimulați specific de nicotină (în doze slabe). ②

Muscarina nu acționează asupra receptorilor nicotinici, iar nicotina nu acționează asupra receptorilor muscarinici. In schimb, acetilcolina endogenă acționează asupra ambelor tipuri de receptori.

Prin descoperirea unor substanțe inhibitoare specifice, s-a stabilit că receptorii nicotinici ai plăcii neuro-musculare diferă de cei ganglionari. Pentru placa neuromusculară, inhibitorul specific este *curara* şi alte substanțe "*curarizante*", iar pentru sinapsa ganglionară, inhibitorii specifici se numesc substanțe "*ganglioplegice*". ②

⓪ **Atropina** – inhibitor muscarinic (inhibitor parasimpatic)

Inhibitorul specific al receptorilor muscarinici este *atropina*. ①

După eliberarea acetilcolinei în fanta sinaptică, ea acționează asupra receptorilor postsinaptici şi apoi este rapid hidrolizată de către *acetilcolinesterază* (enzima de inctivare). ①

Transmiterea sinaptică adrenergică

Receptorii adrenergici sunt de două feluri: alfa şi beta. La rândul lor receptorii alfa sunt de două feluri: alfa-1 şi alfa-2, iar receptorii beta sunt: beta-1 şi beta-2. ⓪

Noradrenalina acționează asupra receptorilor alfa-1, alfa-2, dar şi asupra receptorilor beta-1; adrenalina stimulează toate cele 4 tipuri de receptori adrenergici. ①

NORADRENALINA – β_2

Scanned with OKEN Scanner

① **Receptori adrenergici**
– ***alfa***
în sinapsele neuro-efectoare ortosimpatice (intestin, vase de sânge)
- ***beta***
în sinapsele neuro-efectoare ortosimpatice (miocard, vase coronare).

Receptorii alfa-1 sunt localizaţi predominant în musculatura netedă a vaselor de sânge (efect vasoconstrictor), dar şi în membrana nictitantă, musculatura tubului digestiv, sfincterele digestive şi urinare, muşchii pilomotori, musculatura uterină. ②

Receptorii alfa-2 sunt receptori presinaptici implicaţi în autoreglarea funcţionării sinapsei adrenergice. Noradrenalina în cantitate prea mare se fixează atât pe receptorii alfa-1, cât şi pe receptorii alfa-2, asigurând limitarea eliberării de noi molecule de noradrenalină. ②

Receptorii beta-1 sunt rteceptorii localizaţi predominant în musculatura cardiacă (cardioacceleraţie); în ţesuturi cu implicaţii metabolice (glicogenoliză si lipoliză hepatică). ②

Receptorii beta-2 sunt localizaţi `n musculatura vaselor coronare (vasodilataţie); în musculatura uterină (relaxare); în musculatura bronhiilor (bronhodilataţie). ②

Activitatea reflexă a sistemului nervos

Conceptul de reflex

⓪ **Actul şi arcul reflex**

Actul reflex: un răspuns automat al organismului sau a unei părţi a organismului, cu participarea SNC.

Arcul reflex: substratul anatomic al actului reflex

Majoritatea actelor de comportament ale animalelor şi reacţiile organelor interne au un caracter reflex (cuvântul *reflex* provine din latinescul "*reflectare*", care însemnă a se răsfrânge). ①

Actul reflex, denumit simplu reflex, este definit ca un răspuns automat al organismului sau al unei părţi a organismului la acţiunea unui stimul adecvat, răspuns realizat cu participarea sistemului nervos central, dar fără implicarea conştienţei; conştienţa este doar informată de producerea unui reflex. ①

Substratul anatomic al actului reflex este *arcul reflex*.

Arcurile reflexe sunt ubicvitare în sistemul nervos şi stau la baza celor mai multe răspunsuri adaptative ale organismului la condiţiile mediului intern şi extern.

Atât structura cât şi funcţiile arcului reflex sunt programate genetic şi sunt complet dezvoltate la naştere.

Arcul reflex are cinci elemente obligatorii (alterarea unuia din ele împiedică apariţia reflexului): receptorul, calea aferentă, centrul nervos, calea eferentă şi efectorul. ⓪

⇒ **Receptorul** constituie punctul de plecare pentru orice act reflex. Funcţia oricărui receptor este de a asigura transformarea stimulului adecvat în influx nervos. ①

După natura receptorilor implicaţi în reacţie, reflexele pot fi:

Scanned with OKEN Scanner

⓪

COMPONENTELE ARCULUI REFLEX

Receptorul
Calea aferentă
Centrul nervos
Calea eferentă
Efectorul

- *exteroceptive*, declanşate de acţiunea stimulilor tactili, termici, nociceptivi asupra pielii sau a undelor sonore sau luminoase asupra receptorilor specifici din urechea internă sau retină;
- *proprioceptive*, declanşate de stimularea receptorilor kinestezici (din muşchi, tendoane) sau a receptorilor vestibulari (din urechea internă);
- *interoceptive*, declanşate de stimularea receptorilor din organele interne. ①

⇒ **Calea aferentă** este reprezentată de fibrele nervoase senzitive ale nervilor cranieni sau rahidieni. Fibrele senzitive sunt prelungirile dendritice ale neuronilor senzitivi din ganglionul rahidian sau cranian. Ele se distribuie receptorilor de unde preiau influxul nervos pentru a-l conduce la nivelul centrilor nervoşi. ①

⇒ **Centrul nervos reflex** este localizat în SNC, în substanţa cenuşie a măduvei spinării sau în diverse formaţiuni nervoase ale encefalului. El este reprezentat de sinapsele din SNC care se stabilesc între neuronii implicaţi în realizarea reflexului. ①

Arcul reflex include cel puţin doi neuroni: neuronul aferent (senzitiv) şi neuronul eferent (motor sau vegetativ), dar poate include şi unul sau mai mulţi neuroni de asociaţie (interneuroni). ⓪

⓪Neuronii arcului reflex

- Neuronul aferent
- Neuronul eferent
- Neuroni de asociaţie (interneuroni)

Neuronul aferent (senzitiv), localizat în ganglionul rahidian sau cranian, este un neuron pseudounipolar: are o singură prelungire în "T" (o ramură de origine dendritică, care face legătura cu receptorul; o ramură axonică care pătrunde în substanţa cenuşie şi face sinapsă fie direct cu neuronul motor corespunzător, fie cu un interneuron). ①

Neuronul efector (motor sau vegetativ) este localizat în coarnele ventrale, respectiv intermedio-laterale ale măduvei spinării sau în nucleii motori, respectiv vegetativi din trunchiul cerebral. ①

Neuronii de asociaţie (interneuronii) se interpun între neuronul senzitiv şi cel motor. ①

⓪Clasificarea reflexelor

După receptorul implicat:
- exteroceptive
- proprioceptive
- interoceptive.

După numărul sinapselor din centrul nervos:
- monosinaptice
- polisinaptice

După numărul de segmente ale SNC implicate:
- segmentare
- intersegmentare

După efectorul implicat:
- somatice
- vegetative

După numărul sinapselor din centrul nervos, reflexele pot fi:
- *monosinaptice*, când arcul reflex include o singură sinapsă centrală, între neuronul senzitiv şi neuronul motor (de ex., reflexul rotulian);
- *polisinaptice*, când arcul reflex include mai multe sinapse centrale (de ex., reflexul de flexie). ①

După numărul de segmente ale SNC care participă la activitatea reflexă, se deosebesc: ①
- reflexe *segmentare*, cele care au centrul nervos limitat la un mic segment al SNC;
- reflexe *intersegmentare*, care utilizează mai multe segmente ale SNC.

⇒ **Calea eferentă** este reprezentată de fibrele motorii sau vegetative ale nervilor cranieni sau rahidieni (axonii neuronilor motori sau vegetativi), care fac legătura direct cu efectorul (calea eferentă somato-motorie) sau prin intermediul unei sinapse ganglionare (calea eferentă vegetativă). ①

⇒ **Efectorul** este un muşchi scheletic sau un organ intern. ①

Scanned with OKEN Scanner

După efectorul implicat în realizarea răspunsului reflex, se cunosc:
- *reflexe somatice* (la care participă mușchii scheletici);
- *reflexe vegetative* (la care participă mușchii netezi din structura organelor interne, mușchiul cardiac sau glandele exocrine și endocrine). ①

Activități reflexe la animale

Examinarea clinică a sistemului nervos în medicina veterinară include verificarea reflexelor. Dacă numai unul din cele cinci componente ale arcului reflex prezintă o disfuncție, răspunsul reflex nu se mai produce. De aceea este important să se cunoască substratul anatomic și răspunsul normal așteptat al principalelor reflexe somatice și vegetative. ②

După originea lor, reflexele pot fi clasificate în:
- reflexe *necondiționate* (înnăscute);
- reflexe *condiționate* (dobândite în cursul vieții). ①

Reflexele înnăscute au centrii reflecși în măduva spinării și trunchiul cerebral, în timp ce reflexele condiționate se elaborează în cursul vieții și se închid în scoarța cerebrală. ①

In continuare se vor discuta principalele reflexe necondiționate; cele condiționate, implicând activitatea cortexului cerebral, au legătură cu activitățile nervoase superioare.

Reflexele medulare

Reflexele somatice medulare pot fi proprioceptive (reflexele miotatice, cunoscute și ca reflexe tendinoase) sau exteroceptive (reflexul de flexie, reflexe cutanate). ①

1. *Reflexele miotatice* sunt *reflexe de extensie* produse prin stimularea fusurilor neuro-musculare ale mușchilor antigravitaționali (m. extensori ai membrelor, ai trunchiului). ①

- Stimulul fiziologic al reflexelor miotatice este *alungirea mușchilor extensori* (relaxarea lor) atunci când există tendința închiderii unghiului articular datorită acțiunii forței gravitaționale. Reacția reflexă constă în contracția mușchilor extensori; astfel se asigură menținerea tonusului postural (poziția normală a trunchiului pe membre). ②

- Reflexele miotatice sunt *segmentare și monosinaptice*. Neuronul senzitiv care primește informația de la mușchiul extensor alungit face conexiune directă cu neuronul motor alfa al mușchiului respectiv, pe care-l contractă. In același timp însă, printr-un interneuron inhibitor produce inhibiția mușchilor antagoniști (flexori). Grupul de mușchi extensori și flexori de la nivelul unei articulații primește o *inervație reciprocă* (aceeași fibră aferentă interconectează la nivel medular și cu motoneuronii extensorilor și cu cei ai flexorilor, dar impulsurile sunt excitatorii pentru un mușchi și inhibitorii pentru

⓪Reflexele somatice medulare

- Reflexele miotatice (de extensie)
- Reflexul de flexie
- Reflexele cutanate

⓪Reflexele miotatice

Stimul fiziologic: alungirea mușchilor extensori care determină stimularea fusurilor neuro-musculare

Răspunsul așteptat: contracția mușchilor extensori

Incadrare: Reflexe proprioceptive, segmentare, monosinaptice

Scanned with OKEN Scanner

congenerul său); acest grup muscular este numit în fiziologie *"unitate miotatică"*. ②

Există şi un *reflex miotatic inversat*, produs prin contracţia sau întinderea exagerată a muşchilor extensori (de ex., susţinerea unei greutăţi mari); în acest caz, se produce stimularea organelor tendinoase Golgi (receptori specifici ai tendonului) care trimit aferenţe unui interneuron inhibitor, iar la rândul lui acesta face sinapsă cu neuronul motor corespunzător; astfel se produce relaxarea extensorilor - reacţie de protecţie împotriva rupturilor musculo-tendinoase, dar şi contracţia flexorilor (datorită inervaţiei reciproce). ③

- Reflexele miotatice se evidenţiază prin percuţia (lovirea cu ciocănelul) tendonului unui muşchi extensor (percuţia scurtă a tendonului antrenează numai activarea fusurilor neuro-musculare, nu şi receptorii tendinoşi Golgi). Astfel de reflexe, denumite si reflexe osteo-tendinoase, sunt: ②

- *reflexul rotulian* (extensia gambei prin percuţia tendonului m. cvadriceps femural sau a ligamentului tibio-patelar);
- *reflexul achilean* (extensia labei piciorului prin percuţia tendonului lui Achile - a corzii jaretului la animale);
- *reflexul supracarpian* (lovirea tendonului m. extensor carpo-radial şi extensor comun al degetelor).

⓪Reflexul de flexie

Receptorii stimulaţi: nociceptorii sau receptorii tactili şi de presiune

Răspunsul aşteptat: flexie şi extensie incrucişată

Incadrare: Reflex exteroceptiv, intersegmentar, polisinaptic

2. *Reflexul de flexie* este obişnuit un reflex de apărare şi constă în retragerea prin flexie a membrului excitat de un stimul nociv. Stimulul nociv acţionează asupra pielii şi reacţia reflexă de retragere este rezultatul contracţiei muşchilor flexori şi relaxării muşchilor extensori ai aceluiaşi membru. Reflexul de flexie este însoţit de un *reflex de extensie încrucişată*, care constă în extensia bruscă a membrului din partea opusă. El se produce în scop compensator pentru menţinerea sprijinului antigravitaţional al corpului. ①

- Reflexul de flexie este iniţiat nu numai de stimularea nociceptorilor cutanaţi, ci şi de stimularea receptorilor tactili şi de presiune cutanată. El este implicat astfel în realizarea *reflexului de pedalare (păşire)* tipice locomoţiei şi în realizarea *reflexului de scărpinare* (la câine). Stimularea receporilor de presiune din regiunea palmară si plantară (ca urmare a contactului cu solul) determină flexia şi extensia inversată la cele patru membre (păşire). Stimularea receptorilor tactili pe o suprafaţă cutanată destul de întinsă - gâdilat sau uşoară zgâriere, determină o serie de mişcări ritmice de flexie ale membrului posterior homolateral (de aceeaşi parte), care permit scărpinarea regiunii stimulate. ②

- Reflexul de flexie, fie de retragere a unui membru supus acţiunii unui stimul nociv, fie ca reflex de păşire sau reflex de scărpinare, este un *reflex intersegmentar polisinaptic*, în care sunt implicaţi numeroşi interneuroni excitatori sau inhibitori, ce asigură alternanţa ritmică a mişcărilor de flexie şi extensie a membrelor. ②

Scanned with OKEN Scanner

⓪Reflexe cutanate

Receptorii stimulaţi: receptorii tactili

Răspunsul aşteptat: contracţia muşchiului pielos

Încadrare: Reflexe exteroceptive

- Verificarea reflexului de flexie la animale este posibilă prin înţeparea extremităţii distale a membrului. ②

3. *Reflexele cutanate* sunt caracterizate prin contracţia muşchilor pielosi de sub regiunea cutanată excitată prin uşoară atingere sau zgâriere. ①

Din acest grup de reflexe, la animale se pot explora:

- *reflexul grebănului* (la cal);
- *reflexul abdominal* (la cal);
- *reflexul scrotal* (la armăsar, câine): zbârcirea scrotului la atingere sau la frig;
- *reflexul cremasterian* (armăsar, vier, câine): ascensiune testiculară la atingerea pielii de pe faţa internă a coapsei;
- *reflexul mamar* (la vacă): cifozare şi coborârea trenului posterior la atingerea pielii de pe faţa posterioară a ugerului;
- *reflexul palmar sau plantar* (la câine): flexia degetelor prin înţeparea uşoară a regiunii palmare sau plantare. ②

Reflexele vegetative medulare includ: reflexul de *defecaţie*, reflexul de *micţiune*, reflexul de *erecţie* şi de *ejaculare*, care îşi au originea în centrii lombo-sacraţi; *reacţiile reflexe vasculare, pilomotorii şi sudorale*, care îşi au centrii în măduva dorso-lombară. ②

⓪Reflexele somatice ale trunchiului cerebral

Reflexele de masticaţie şi deglutiţie

Reflexele oculocefalogire (reflexe de orientare)

Reflexul cornean de clipire (reflex de apărare)

Reflexe statice:
- posturale (de menţinere a unei poziţii);
- de redresare (de revenire la poziţia iniţială)

Reflexe statokinetice (efectul de lift; nistagmus)

Reflexele trunchiului cerebral

Reflexele somatice ale trunchiului cerebral (care au centrul reflex în diverse formaţiuni nervoase ale trunchiului cerebral) sunt: reflexul de masticaţie şi deglutiţie (se vor studia la funcţiile de nutriţie); reflexele oculocefalogire, reflexul cornean de clipire, reflexele statice şi statokinetice. ⓪

1. *Reflexele oculocefalogire* constau în rotirea capului şi ochilor spre sursa de lumină sau sursa de zgomot. Sunt considerate reflexe de orientare în spaţiu care îşi au originea în tuberculii cvadrigemeni. ①

2. *Reflexul cornean de clipire* este un reflex de apărare provocat de excitarea corneei; calea aferentă este reprezentată de fibre senzitive din n. trigemen (V), centrul nervos este localizat în regiunea bulbo-pontină, iar calea eferentă este reprezentată de fibre motorii din n. facial (VII). Este ultimul reflex care dispare în narcoză. ② AEA !

3. *Reflexele statice şi statokinetice* sunt reflexe mezencefalice care asigură menţinerea poziţiei de echilibru a corpului în repaus şi în mişcare. Receptorii implicaţi în realizarea acestor reflexe sunt: receptorii vestibulari, proprioceptorii musculaturii cefei (muşchii cefei conţin mult mai multe fusuri neuro-musculare decât alţi muşchi ai corpului), mecanoceptorii cutanaţi şi receptorii vizuali. ①

- *Reflexele statice* pot fi: reflexe posturale (de menţinere a unei poziţii) şi de redresare (de revenire la poziţia iniţială). ①

Scanned with OKEN Scanner

- *Reflexele posturale* constau în mişcări de compensare pentru menţinerea unei noi atitudini a corpului. De exemplu, răsturnarea unui animal pe spate determină extensia la maximum a celor patru membre, pentru menţinerea acestei poziţii. Inclinarea corpului în faţă determină extensia membrelor anterioare şi flexia celor posterioare. ②
- *Reflexele de redresare* constau în mişcări de revenire completă la poziţia normală. De exemplu, un animal răsturnat pe o parte revine imediat la poziţia normală, datorită stimulării asimetrice a mecanoreceptorilor cutanaţi. Un alt exemplu: dacă o pisică este aruncată cu membrele în sus, ea va cădea pe sol în picioare. Iniţial, sub acţiunea stimulilor vestibulari, capul este readus în poziţia normală, apoi, datorită stimulării proprioceptorilor muşchilor cefei, coloana vertebrală este aliniată la poziţia capului, iar în final stimulii vizuali determină revenirea pe sol în poziţie normală. ②

- *Reflexele statokinetice* sunt iniţiate de mişcările de acceleraţie liniară sau unghiulară. ①

Un exemplu îl constituie "efectul de lift": deplasarea rapidă împotriva gravitaţiei produce flexia membrelor; iar deplasarea în sensul gravitaţiei produce extensia membrelor. ①

Un alt exemplu este rotirea bruscă a capului şi corpului care va avea ca efect mişcări compensatorii ale ochilor (nistagmus), gâtului şi membrelor. ②

Reflexele vegetative ale trunchiului cerebral includ : reflexul de tuse, strănut, sughiţ, vomă, reflexul salivar, reflexe de reglare a respiraţiei, a activităţii cordului, a tensiunii arteriale (cu centrii reflecşi în bulb); reflexul lacrimal (cu centrul nervos în punte); reflexele fotomotorii pupilare (cu centrul în nucleul Edinger-Westphal din mezencefal). ②

Scanned with OKEN Scanner

Activități nervoase superioare

Sistemul nervos central realizează nu numai prelucrarea mesajelor senzitivo-senzoriale şi elaborarea comenzilor motorii şi vegetative, ci răspunde şi de realizarea unor funcţii nervoase superioare: conştiența, motivația şi comportamentul emoțional, învățarea şi memoria, limbajul. ⓪

Conştiența

Conştiența este forma de activitate nervoasă superioară prin care se realizează integrarea mesajelor externe şi interne în vederea stabilirii semnificației lor biologice.

Se va face distincție între două noțiuni: stările de conştiență şi experiențele conştiente. ①

Stările de conştiență includ starea de veghe (trezire), de somnolență sau de somn în care se află organismul la un moment dat, acoperind un larg spectru comportamental, de la maxima atenție (vigilența) la pierderea conştienței (coma). ①

Experiențele conştiente se referă la actele mentale de care organismul este capabil în timpul oricărei stări de conştiență, de la simpla percepție a lumii exterioare, întâlnită în toată seria animală, la elaborarea gândurilor, ideilor şi sentimentelor care sunt caracteristice ființei umane. ①

Activitatea creierului poate fi înregistrată electric cu ajutorul unor electrozi fixați pe suprafața tegumentului craniului. Inregistrarea activității electrice a creierului poartă numele de electroencefalogramă (EEG). Deoarece traseul electroencefalografic se modifică în funcție de starea de veghe sau de somn, se va studia mai întâi EEG. ①

Electroencefalograma

EEG este, în cea mai mare parte, rezultatul însumării potențialelor postsinaptice din neuronii encefalului, in principal din cortexul cerebral. ⓪

EEG este reprezentată de unde, care prezintă două caracteristici: amplitudine şi frecvență. ⓪

Amplitudinea undelor de pe EEG arată cât de intensă este activitatea electrică a creierului la un moment dat. Ea se măsoară în microvolți (μV), de unde înlocuirea termenului de amplitudine cu cel de voltaj. Voltajul EEG este de 100 de ori mai mic decât al electrocardiogramei, care este de ordinul milivolților (mV). Voltajul EEG variază de la 0,5 la 100 μV. ①

Frecvența undelor EEG arată cât de dese sunt ciclurile de unde (un ciclu al undei este reprezentat de traseul de la amplitudine maximă la amplitudine

①Caracteristicile EEG

Amplitudine (A):
0,5 - 100 μV

Frecvență (F):
1 – 30 Hz (c/s)

Scanned with OKEN Scanner

minimă şi înapoi). Frecvenţa se măsoară în hertz (Hz) sau cicli/secundă (c/s). Ea variază de la 1 la 30 c/s. ①

Modificările EEG sunt strâns corelate cu modificările conştienţei. EEG prezintă următoarele 4 frecvenţe majore, redate în tabelul de mai jos: ②

Unda	*Frecvenţa (Hz)*
Delta	0,5-4
Teta	4-8
Alfa	8-13
Beta	13-25

In general, frecvenţele mici (delta, teta) indică o reactivitate la mediu redusă, caracteristică stării de somn, în timp ce frecvenţele mari (alfa, beta) sunt caracteristice stării de veghe. ①

Starea de veghe

Din punct de vedere comportamental, starea de veghe este de două feluri:

1. *veghea atentă (vigilenţa)*, care reprezintă nivelul cel mai ridicat de eficacitate funcţională a sistemului nervos; în acest caz, organismul lucrează cu o atenţie sporită.

2. *veghea liniştită*, care presupune perceperea mediului înconjurător fără participare activă. ①

① EEG în starea de veghe

Veghea liniştită: ritmul alfa (A mică, F mare 8-13 Hz)

Veghea atentă: ritmul beta (A foarte mică, F cea mai mare 13-25 Hz)

Din punct de vedere al activităţii electrice, în starea de veghe cu un grad redus de atenţie, la organismul relaxat, cu ochii închişi, predomină *ritmul alfa* (cu o frecvenţă medie de 10 Hz). ②

In momentul în care organismul intră în alertă, devine atent la un stimul extern sau se concentrează profund, ritmul alfa e înlocuit cu *ritmul beta* (creşte frecvenţa traseului electroencefalografic şi scade amplitudinea undelor). ②

Repetarea unor stimuli de aceeaşi intensitate determină scăderea atenţiei şi, ca urmare, EEG revine la ritmul alfa.

Somnul

Somnul este o stare fiziologică de inconştienţă, care se instalează treptat ca urmare a reducerii semnalelor care ajung obişnuit la cortexul cerebral.⓪

Câinele, la care s-a produs deaferentarea senzorială prin secţionarea nervilor optici, acustici şi a bulbului olfactiv, doarme 23 din 24 ore, trezirea fiind provocată doar de foame, sete sau alte necesităţi fiziologice.③

Din punct de vedere comportamental, somnul se caracterizează prin suprimarea parţială a sensibilităţii şi a funcţiilor conştiente de relaţie, absenţa mişcărilor spontane, reducerea tonusului muscular, reducerea frecvenţei cardiace, respiratorii şi a tensiunii arteriale.②

Din punct de vedere al EEG, când un organism trece în starea de somnolenţă şi în final adoarme, ritmul alfa se transformă gradat, devenind de amplitudine din ce în ce mai mare şi frecvenţă din ce în ce mai redusă (oscilaţii mai lente, dar mai ample), până la predominarea *ritmului teta şi delta.*②

Scanned with OKEN Scanner

Neurofiziologii disting două faze de somn: somnul undelor lente şi somnul activat.⓪

Somnul undelor lente are patru stadii, fiecare stadiu fiind caracterizat printr-un traseu electroencefalografic cu o frecvenţă mai mică şi un voltaj mai mare decât stadiul anterior. Aceste modificări ale activităţii electrice a creierului sunt asociate cu trecerea treptată de la somnul superficial, când trezirea se poate face uşor prin stimuli moderaţi (stadiul I), la somnul adânc, profund, când trezirea are loc doar la stimuli puternici (stadiul IV). Această instalare progresivă a somnului durează obişnuit 30-45 minute. ①

Somnul activat este perioada de somn în care traseul electroencefalografic revine la ritmul caracteristic stării de veghe. Cu toate acestea, trezirea din somn în această fază se face foarte greu (de aici şi numele de *somn paradoxal* sau "veghea în somn"). In somnul activat, tonusul musculaturii scheletice este pronunţat scăzut (mai ales la nivelul musculaturii cefei si gâtului), dar apar mişcări rapide ale globilor oculari, iar respiraţia devine frecventă şi neregulată. Această perioadă de somn a primit şi denumirea de somn REM (rapid eye movement) datorită mişcării atât de caracteristice a ochilor.①

De asemenea, această fază a somnului mai este cunoscută şi ca *somn oniric* deoarece în cursul lui apar visele (toate persoanele trezite din somnul activat au declarat că au visat, nu şi cele trezite în celelalte stadii ale somnului).

Semnificaţia biologică a somnului.

Somnul are o derulare ciclică, începând cu somnul undelor lente şi continuând cu o perioadă scurta de somn paradoxal, după care revine la somnul undelor lente. ①

Perioada totală de somn cuprinde 4-5 cicluri, fiecare de 90-100 minute. Somnul undelor lente reprezintă aproximativ 80 % din durata totală de somn, iar somnul paradoxal, aproximativ 20 %. ①

Deşi este cunoscut că satisfacerea nevoii de somn e la fel de importantă ca şi satisfacerea celorlalte necesităţi vitale (foame, sete), se cunosc foarte puţine lucruri despre importanţa somnului. ①

Se ştie că în mare parte organismele dorm 1/3 din viaţa lor. In timpul somnului de unde lente se eliberează ritmic din hipofiză hormonul de creştere şi hormonii gonadotropi, iar funcţiile vitale se reduc la minimum. Aceste aspecte au condus la afirmaţia că somnul undelor lente serveşte ca timp de repaus al organismului şi de refacere metabolică. ①

Dar ce importanţă are somnul cu vise, având în vedere că el corespunde unei stări funcţionale active a creierului ? S-ar părea că visul din timpul somnului paradoxal este expresia unor informaţii blocate în "subconştient"; aşadar, visele sunt necesare eliminării surplusului informaţional. Suprimarea somnului paradoxal nu este compatibilă cu supravieţuirea. ②

In somnul activat, se observă la animale scrâşnete, sunete gâfâitoare, mişcări ale muşchilor feţei, urechilor, cozii, membrelor, mişcări ale mustăţilor, buzelor, toate acestea fiind probabil expresia unei stări onirice. ②

① EEG în starea de somn

Somnul undelor lente: ritmul teta-delta (A din ce in ce mai mare, F din ce in ce mai mică – 0,5 Hz)

Somnul activat (paradoxal): ritmul alfa-beta (veghea în somn)

Scanned with OKEN Scanner

Spre deosebire de om, animalele prezintă perioade mai dese de trezire din somn, iar unele animale dorm şi în picioare, aflându-se într-o stare de somnolenţă (calul). Aceste particularităţi exprimă adaptarea, în decursul dezvoltării filogenetice, a organismelor mereu "gata de fugă" din faţa prădătorilor. ②

Substratul nervos al stărilor de constienţă

⓪Controlul ritmului somn-veghe

1. Formaţia reticulată: (SRAA şi SRDI)
2. Locus ceruleus

Bioritmul circadian de bază al vieţuitoarelor (alternanţa zi-noapte) impune şi alternanţa celor două stări de conştienţă, veghea şi somnul. ①

Dacă bioritmul circadian este controlat de funcţiile ceasului biologic al nucleilor suprachiasmatici ai hipotalamusului, ritmul somn-veghe se află sub controlul a două sisteme interconectate din trunchiul cerebral: SRAA - sistemul reticulat ascendent activator - şi SRDI - sistemul reticulat descendent inhibitor.

SRAA care trimite cortexului mesaje nespecifice, alături de căile specifice talamo-corticale, constituie sistemul responsabil de menţinerea stării de veghe. Distrugerea SRAA la câine produce somn continuu. ②

SRDI intră în funcţiune în timpul stării de somn şi realizează o inhibiţie a motoneuronilor din trunchiul cerebral şi măduva spinării responsabili de tonusul musculaturii scheletice. Aşa se explică scăderea accentuată a tonusului musculaturii corpului, cu excepţia musculaturii globilor oculari (care prezintă mişcări rapide în timpul somnului paradoxal). ②

In somn, în timp ce neuronii SRDI sunt activi, neuronii SRAA sunt inhibaţi, fiind suprimată transmiterea mesajelor senzitivo-senzoriale către cortex.

Trunchiul cerebral prezintă, separat de neuronii formaţiei reticulate, un grup de neuroni care formează *locus ceruleus*; aceşti neuroni sunt implicaţi in transmiterea mesajelor la nivelul cortexului în timpul somnului paradoxal. ①

Mediatorii chimici implicaţi în realizarea alternanţei somn-veghe sunt noradrenalina, serotonina, dopamina şi acetilcolina. ①

Motivaţia şi comportamentul emoţional

Motivaţia reprezintă ţinta spre care este orientat un anumit comportament. Obişnuit, comportamentul animalelor este motivat homeostatic, adică de menţinerea relativ constantă a mediului intern. De exemplu, scăderea glicemiei şi apariţia senzaţiei de foame determină comportamentul de căutare a hranei; sau deshidratarea organismului şi apariţia setei determină consumul de apă; sau scăderea temperaturii corpului determină înghemuirea, pentru evitarea pierderii de căldură, etc. ①

Motivaţia poate fi de două feluri: motivaţia apetitivă şi motivaţia aversivă. ⓪

Scanned with OKEN Scanner

① **Motivația și comportamentul emoțional**

Definiție: Ținta spre care este orientat un anumit comportament.

Tipuri de motivație și comportamentul emoțional manifestat:
- apetitivă: satisfacerea unei senzații pozitive, plăceri; se manifestă bucuria
- aversivă: evitarea unei senzații negative, neplăcute; se manifestă frica (fuga) sau agresivitatea (atacul)

Creierul emoțional: sistemul limbic

Motivația apetitivă este corelată cu recompensa, care conduce la satisfacerea unei senzații pozitive, unei plăceri. In acest caz, exteriorizarea emoțională este bucuria, mulțumirea. ①

Motivația aversivă este asociată cu pedeapsa, care conduce la reacția prin care un organism evită o senzație negativă, dureroasă, neplăcută, sau chiar o situație care-i pune viața în pericol. Comportamentul emoțional, în acest caz este fuga sau atacul. ①

Comportamentul emoțional, după cum s-a văzut, este în strânsă corelație cu motivația.

La animale, în urma excitării diferitelor zone din sistemul limbic și din hipotalamusul lateral, s-au obținut trei tipuri de manifestări emoționale :

- *bucuria* : animalul manifestă o stare de "așteptare a unei recompense";
- *frica* : animalul întrerupe orice activitate și "se așteaptă la o pedeapsă";
- *agresivitatea* : animalul își curbează spinarea, ridică coada, mișcă nările, mârâie, coboară urechile, mișcă agresiv mandibula. ①

Orice stare emoțională se însoțește și de manifestări vegetative (salivație, horipilație, tahicardie, hipertensiune, sudorație), deoarece între *sistemul limbic* (considerat creierul emoțional) și *hipotalamus* (creierul vegetativ) este o legătură indisolubilă. De asemenea, în strânsă conexiune cu sistemul limbic și hipotalamusul se află *ariile corticale de asociație* din lobul frontal, care informează despre semnificația stimulului extern (pozitivă sau negativă) și elaborează comenzile motorii corespunzătoare. Așadar, hipotalamusul asigură integrarea activităților endocrine, vegetative și motorii care alcătuiesc comportamentul emoțional corespunzător. ②

O formațiune a sistemului limbic - *amigdala rinencefalică* - este responsabilă de integrarea comportamentului sexual. Amigdalectomia (extirparea amigdalei) determină manifestări sexuale nediscriminative (împerecherea cu indivizi din alte specii), abandonarea progeniturii. ②

Învățarea și memoria

① **Invățarea**

Definiție: achiziționarea și stocarea de informație, ca o consecință a experienței.

Tipuri de învățare
- Habituarea (învățarea negativă)
- Învățarea asociativă (reflexe condiționate).

Invățarea este achiziționarea și stocarea de informație, ca o consecință a experienței.⓪

Invățarea se realizează prin mijloace motivaționale apetitive (recompensa) sau aversive (pedeapsa).

Invățarea are o formă simplă - habituarea (obișnuința) și o formă mai complexă - învățarea asociativă. ⓪

Habituarea este o învățare negativă, care constă în evitarea stimulilor irelevanți (stimuli care se repetă monoton, în același ritm și cu aceeași intensitate) și concentrarea atenției asupra stimulilor semnificativi (de intensitate diferită de a stimulilor obișnuiți, cu valoare de noutate). ①

Invățarea asociativă are la bază reflexele condiționate, ale lui Pavlov, care se elaborează pe seama reflexelor înnăscute (necondiționate).①

Scanned with OKEN Scanner

Reflexul condiţionat se formează prin asocierea repetată a unui excitant adecvat, numit absolut (necondiţionat) cu un excitant inadecvat numit indiferent (care în timp devine condiţionat). După un număr de asocieri, excitantul condiţionat produce singur reacţia produsă obişnuit de excitantul absolut. De exemplu, zgomotul unei sonerii asociat cu administrarea hranei, va declanşa după un timp, singur, reflexul de salivaţie ("salivaţia psihică"). Substratul apariţiei reflexului condiţionat este formarea în SNC a unei "căi bătătorite" temporare între focarele de excitaţie ale celor doi stimuli asociaţi. Astfel, animalul învaţă că zgomotul soneriei este semnal pentru administrarea hranei. Aşadar, excitanţii indiferenţi, care devin condiţionaţi, joacă rol de semnalizatori, asigurând o adaptare mai promptă şi eficientă a organismului la mediu. ②

In general, în cazul învăţării asociative, recepţia senzorială a unei noi informaţii de învăţat se asociază cu un răspuns comportamental (de exemplu, un câine poate învăţa să clipească din ochi ca răspuns la o anumită intonaţie a vocii stăpânului). In exemplul dat, căile auditive se interconectează cu motoneuronii responsabili de mişcările pleoapelor. ②

Invăţarea bazată pe reflexe condiţionate şi motivată prin recompensă şi pedeapsă stă la baza dresajului la animale. ①

Memoria este stocajul relativ permanent al informaţiei învăţate. ⓪

Memorarea presupune formarea de *engrame* (un traseu cerebral al memoriei, o cale bătătorită). Un model de engramare (întipărire) este asocierea repetată de stimuli pentru elaborarea unui reflex condiţionat. ①

După durata păstrării engramelor, memoria este de două feluri :

- memoria de scurtă durată (memoria de lucru), care durează secunde-ore;
- memoria de lungă durată, care durează zile - ani. ①

Procesul de transformarea a memoriei de lucru în memorie de lungă durată poartă numele de *consolidarea memoriei*. ①

Memoria de scurtă durată serveşte ca depozitar iniţial al informaţiei care prezintă importanţă la un moment dat. Ea se bazează pe trecerea repetată a impulsurilor nervoase prin lanţuri multineuronale închise, prin circuite reverberante cortico-sucortico-corticale (axonii neuronilor dintr-un circuit reverberant trimit fiecare câte o colaterală neuronului iniţial, astfel că ultimul neuron primeşte o salvă de impulsuri - are loc amplificarea informaţiei). Se presupune că memoria de lucru există sub formă de potenţiale postsinaptice sau de acţiune. Ea are o capacitate limitată. ②

Informaţiile din memoria de scurtă durată pot fi îndepărtate (prin uitare) sau trec în memoria de lungă durată (prin consolidare). Atenţia şi motivaţia sunt principalii factori care determină consolidarea memoriei. ①

Memoria de lungă durată are o capacitate nelimitată şi se bazează pe modificări structurale pe traseul cerebral al memoriei: creşterea numărului de celule gliale, creşterea ramificaţiilor dendritice ale neuronilor, îngroşarea butonilor terminali, modificarea structurii sinapselor etc. ②

① Memoria

Definiţie: stocajul relativ permanent al informaţiei învăţate.

Tipuri de memorie
- de scurtă durată
- de lungă durată

Engrama: traseul cerebral al informaţiei memorate.
Tipuri de engrame:
- potenţiale postsinaptice sau de acţiune ce trec prin circuite reverberante;
- configuraţii proteice.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă memoria de scurtă durată are la bază modificarea activității electrice a neuronilor, memoria de lungă durată are o bază biochimică ce constă în sporirea sintezelor de ARNm şi a proteinelor. Fiecare informație de reținut determină formarea unui anumit ARNm, care la rândul său va determina sinteza unei anumite proteine. Engrama în acest caz este o anumită configurație proteică. Se pare că celulele gliale furnizează ARN-ul necesar procesului de memorare. ②

Limbajul (exprimarea sunetelor)

Exprimarea sunetelor este dependentă de activitatea cortexului cerebral. Ariile corticale din lobii frontal, temporal şi parietal conțin mecanismele implicate atât în producerea sunetelor (prin controlul activităților motorii corespunzătoare: vibrațiile corzilor vocale), cât şi în decodificarea sunetelor şi înțelegerea lor.①

Exprimările sonore ale animalelor sunt multiple : *sunete care exprimă o dorință* (foame, sete); *sunete de bucurie* (pentru revederea stăpânului); *sunete de durere* (tânguire, frică); *sunete de avertizare* (de apărare, de atac, furie); *sunete de regăsire* (mamă-pui); *sunete de chemare a partenerului de sex opus ; sunete de impunere în ierarhia grupului.* ②

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 3

Fiziologia analizatorilor

Recepția, transmiterea, analiza și integrarea mesajelor din mediul înconjurător sau din propriul organism se realizează cu ajutorul unor structuri extrem de complexe cunoscute sub numele de analizatori (analizori). Orice organism dispune de următorii analizori:

- *cutanat,*
- *kinestezic,*
- *vestibular,*
- *acustic,*
- *vizual,*
- *olfactiv,*
- *gustativ.*

Pentru fiecare analizor se vor studia cele trei segmente: periferic (organul receptor); intermediar (calea de conducere); central (zona de proiecție corticală). ⓪

De regulă, organul receptor este adăpostit într-un organ mai complex - numit *organ de simț*, care facilitează preluarea informației specifice din mediu. De exemplu, urechea este organul de simț al auzului, dar receptorul propriu-zis este organul lui Corti din conductul cohlear; cu toate acestea, pavilionul urechii, conductul auditiv extern, timpanul, oscioarele urechii medii sunt structuri ale urechii care asigură captarea și transmiterea sunetului către urechea internă unde se află organul lui Corti. ①

Din acest motiv, în acest capitol ponderea cea mai mare o are studiul organelor de simț, adevărate sisteme alcătuite din structuri specializate, unele care permit accesul energiei din mediu și altele care asigură recepția și transducția energiei externe în influx nervos, cu care va opera sistemul nervos.

Scanned with OKEN Scanner

Analizatorul cutanat

Pielea (tegumentul) ca organ de simț

⓪ Tipuri de sensibilitate cutanată

1. tactilă;
2. termică;
3. dureroasă

Prin bogăția de receptori prezenți în toate cele trei straturi ale pielii (epiderm, derm şi hipoderm) şi datorită unei inervații senzitive bogate a pielii, SNC este informat de acțiunea unor variați stimuli externi, de la cei mai inofensivi (simpla atingere, presiunea ușoară) la cei care produc chiar leziuni ale țesuturilor (înțepături, traumatisme, etc.). Analiza diferențiată a stimulilor de către SNC determină elaborarea unor variate senzații: senzația tactilă, senzația de cald, rece, senzația dureroasă.①

Astfel, analizatorul cutanat deserveşte trei tipuri de sensibilitate: tactilă, termică şi dureroasă. Sensibilitatea tactilă, de presiune şi termică sunt cunoscute şi sub denumirea de *somatoestezie (somestezie)*, iar sensibilitatea dureroasă este descrisă şi sub termenul de *nocicepție*.①

⓪
Somestezie – sensibilitate tactilă şi termică
Nocicepție – sensibilitate dureroasă

Sensibilitatea tactilă reprezintă senzația de atingere (pipăitul la om).

Receptorii sensibilității tactile intră în categoria mecanoceptorilor:

- *corpusculii tactili Meissner*, răspândiți predominant la nivelul extremităților degetelor, în jurul foliculilor piloşi, la nivelul buzelor, la nivelul orificiilor naturale. Aceşti receptori sunt rapid adaptabili. Stimulul pentru aceşti receptori este atingerea.
- *corpusculii Paccini*, prezenți în dermul profund, dar şi în tendoane şi articulații. Sunt rapid adaptabili. Stimulul lor este presiunea.
- *discurile Merkel*, mecanoceptori lent adaptabili;
- *terminații nervoase libere*, reprezentate de ramificațiile periferice ale neuronilor senzitivi.①

① Segmentul periferic (pielea):

Receptorii tactili:
- corpusculii Meissner
– discurile Merkel
- corpusculii Paccini
- terminații nervoase libere

Termoceptorii:
- corpusculii Ruffini
- corpusculii Krause

Nociceptorii:
- mecano-nociceptorii;
- poli- nociceptorii

Sensibilitatea tactilă este extrem de importantă pentru animale:

- prezența receptorilor tactili la nivelul vibrizelor (mustăților) asigură orientarea în spațiu;
- prezența lor la nivelul pernițelor palmare şi plantare sau la nivelul copitelor asigură "mersul precaut";
- receptorii tactili de la nivelul ciocului, mai ales la palmipede, orientează prehensiunea alimentelor;
- prezența lor la nivelul regiunii genitale favorizează reflexele sexuale.②

Sensibilitatea termică este asigurată de acțiunea temperaturilor crescute (senzația de cald) sau scăzute (senzația de rece). ⓪

Receptorii sensibilității termice sunt :

- *caloceptorii* reprezentați de *corpusculii Ruffini*; stimulul lor este căldura;
- *geloceptorii* reprezentați de *corpusculii Krause*; stimulul lor este frigul. ①

Scanned with OKEN Scanner

In organism corpusculii Krause au o arie mai largă de răspândire (piele, conjunctivă, limbă, buze, regiunea genitală) decât corpusculii Ruffini. Termoceptorii cutanați sunt, în general, lent adaptabili.①

Sensibilitatea dureroasă (nociceptivă) este o senzație neplăcută și o experiență emoțională dezagreabilă consecutivă unei alterări tisulare.⓪

Receptorii pentru durere pot fi nespecifici (reprezentați de *terminații nervoase libere*) sau specifici (reprezentați de *nociceptori*). Stimulul pentru acești receptori este orice stimul de intensitate puternică. O stimulare excesivă a receptorilor altori sensibilități poate da naștere senzației dureroase. ①

Nociceptorii cutanați sunt de două feluri :

- *mecano-nociceptori*, care reacționează numai la stimuli mecanici foarte puternici (înțepătură, pișcătură, pensare);

- *poli-nociceptori*, care sunt stimulați de stimuli mecanici, termici și chimici puternici. Acești receptori răspund la stimulări mecanice intense, cu efect de acomodare (reducerea răspunsului dacă stimulul persistă). De asemenea, răspund la stimuli termici, cu condiția ca diferența față de temperatura corporală să fie destul de mare (sub 18° și peste 45°). Experimental, s-a dovedit răspunsul acestor receptori și la stimuli chimici (histamină, bradikinină).①

Indiferent de natura stimulului care acționează asupra nociceptorilor, se pare că substanțele chimice algogene eliberate local joacă un rol important în sensibilizarea nociceptorilor. Aceste substanțe joacă rol de intermediari între stimulii dureroși și generarea influxului nervos.①

Calea de conducere a analizatorului cutanat

① Neuronii căii de conducere a mesajelor cutanate:

Primul neuron:
- în ganglionul spinal
- în ganglionul Gasser (al n. V)
- în ganglionul geniculat (al n. VII)

Al doilea neuron:
- în substanța gelatinoasă Rolando din măduva spinării
– în nuclei Goll și Burdach din bulb

Al treilea neuron:
- în NVPL din talamus

Căile de conducere a mesajelor cutanate către formațiunile nervoase superioare includ obligatoriu trei neuroni (prin urmare, două relee sinaptice). ⓪

Primul neuron este neuronul senzitiv, situat în *ganglionul spinal* aflat pe traiectul rădăcinii dorsale a nervului rahidian ce deservește o anumită zonă cutanată a trunchiului, sau în *ganglionul trigeminal Gasser* de pe traiectul rădăcinii senzitive a nervului trigemen (V) sau în *ganglionul geniculat* al nervului intermedio-facial (VII), ambii nervi deservind regiunea capului. Neuronul senzitiv are o prelungire periferică care culege mesajele de la receptorii cutanați și o prelungire centrală care conduce mesajele către SNC. ①

Al doilea neuron este situat fie în substanța cenușie medulară (mai exact, în *substanța gelatinoasă Rolando* de la vârful cornului dorsal), fie în *nucleii Goll și Burdach* din bulbul rahidian, fie în anumiți *nuclei* din trunchiul cerebral. La aceste nivele ale SNC se află primul releu sinaptic al căii senzitive cutanate. ②

Al treilea neuron se află în *nucleul ventral postero-lateral* (NVPL) din talamus, de unde proiectează în cortexul cerebral; talamusul reprezintă cel de-al doilea releu sinaptic al căilor senzitive cutanate. Unele mesaje cutanate

Scanned with OKEN Scanner

traversează şi reţeaua polineuronală a substanţei reticulate a trunchiului cerebral, înainte de fi transmise talamusului şi apoi cortexului cerebral. ①

Fibrele nervoase senzitive periferice sunt incluse în nervii rahidieni sau în nervii cranieni corespunzători.⓪

- Fibrele care culeg mesajele din *regiunea trunchiului şi membrelor* se grupează la nivelul măduvei spinării sub formă de fascicule ascendente şi alcătuiesc cele două sisteme de conducere: sistemul cordoanelor dorsale (cu încrucişare în bulb) şi sistemul cordoanelor antero-laterale (cu încrucişare în măduva spinării) (vezi căile aferente senzitivo-senzoriale). ①

- Informaţiile senzitive tactile de la membrele anterioare şi din regiunea superioară a trunchiului sunt conduse ascendent prin fasciculul cuneatus (Burdach), iar cele de la membrele posterioare şi din regiunea inferioară a trunchiului, prin fasciculul gracillis (Goll). Mesajele cutanate transmise cortexului pe această cale (vezi calea spino-bulbo-talamo-corticală) sunt fin discriminate (aparţin sensibilităţii epicritice) şi au o proiecţie contralaterală (în cortexul de partea opusă). ②
- Prin intermediul căilor de conducere antero-laterale se transmit informaţii ale sensibilităţii termice şi dureroase (de unde şi denumirea de fascicul termo-algic), dar şi informaţii ale sensibilităţii tactile protopatice (grosiere, nediscriminate). Ca şi în cazul anterior, şi pe această cale transmiterea mesajelor dintr-o jumătate a trunchiului se face în cortexul din partea opusă (proiecţie contralaterală).②

- Informaţiile senzitive, tactile, termice şi dureroase, *din regiunea capului* (faţă, ochi, urechi) urmează calea nervilor cranieni (trigemen - V, facial - VII), primul releu sinaptic făcându-se în trunchiul cerebral, iar al doilea în talamus.①

① Segmentul intermediar (calea de conducere):

Fibre sensitive din n. spinali şi n.cranieni (V şi VII)

Calea cordoanelor dorsale:
- Fasciculul Gracillis
- Fasciculul Cuneatus
(pentru sensibilitatea tactilă epicritică)

Calea cordoanelor antero-laterale:
- Fasciculul spino-talamic (pentru sensibilitatea termică şi algică)

Segmentul central al analizatorului cutanat

La vertebratele inferioare, locul de integrare superioară a mesajelor somestezice este *talamusul*. Odată cu dezvoltarea cortexului, la vertebratele superioare, talamusul a devenit staţie de releu pentru toate informaţiile destinate cortexului, dar nu şi-a pierdut capacitatea integrativă. Neuronii din nucleul ventral postero-lateral al talamusului au capacitate discriminativă, pentru fiecare regiune cutanată existând o reprezentare corespunzătoare în talamus. ①

Zona corticală care asigură analiza mesajelor cutanate şi elaborarea senzaţiei corespunzătoare este reprezentată de *aria somatoestezică (somatosenzitivă* sau *somestezică)*. Ea este localizată în *lobul parietal* al cortexului cerebral. Se cunosc două arii somestezice: aria somestezică primară (S_I), situată în circumvoluţiunea parietală ascendentă; aria somestezică secundară (S_{II}), situată între scizura Sylvius şi scizura Rolando. ①

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

⓪ **Somatotopie** = Reprezentarea corticală diferențiata a regiunilor corporale in funcție de gradul de sensibilitate tactilă.

In aria S_I au reprezentare maximă regiunile corporale care au sensibilitate crescută (mâna, fața la om; buzele la oaie şi capră; vibrizele la carnivore, rozatoare). Reprezentarea centrală a diverselor regiuni corporale în funcție de gradul lor de sensibilitate poartă numele de *somatotopie*. Zona de proiecție corticală a diverselor regiuni corporale nu corespunde ca întindere dimensiunilor reale. De aceea, proiecția corticală a corpului este un "*homunculus senzitiv*" diform. Aşadar, în aria S_I proiecția mesajelor este contralaterală şi somatotopică. In aria S_{II} ajung informații din ambele jumătăți corporale, fără reprezentare somatotopică.②

Integrarea superioară a informațiilor nociceptive nu se suprapune cu integrarea mesajelor somestezice. ⓪

Nu s-a dovedit că ar exista o regiune a talamusului responsabilă de integrarea durerii; de asemenea, încercarea de stimulare a ariilor corticale pentru producerea durerii a fost fără rezultat; nu s-au găsit neuroni corticali care să fie activați în mod specific de stimuli nociceptivi. Toate acestea au făcut imposibilă stabilirea precisă a centrilor durerii. ①

In schimb, s-a stabilit că durerea depinde de modul în care se modifică influxul nervos care ia naştere în receptorii periferici. Mesajul inițial poate fi exacerbat sau poate fi atenuat, datorită existenței unor *sisteme de reglare a durerii*.①

Astfel, măduva spinării conține ***neuroni nociceptivi*** care sunt capabili de *postdescărcare* (continuă să genereze impulsuri, să se descarcă, şi după ce stimularea receptorilor încetează) şi de *convergență centrală* (sunt activați de stimuli extrem de variați, sosiți din regiuni diferite). Rolul acestor neuroni medulari este de a stabili caracterul nociceptiv sau nenociceptiv (în funcție de intensitate) al unui stimul. ②

Există şi ***sisteme de reglare neuro-chimică*** a nocicepției, prin intermediul unor substanțe *opioide* endogene (*endorfine, encefaline*), care sunt eliberate de neuroni din cornul dorsal al măduvei, nucleii tractusului solitar din trunchiul cerebral, nucleii talamici etc. Rolul acestor substanțe este de a inhiba durerea (*analgezie fiziologică*). ②

Prin urmare, existența mecanismelor de reglare a durerii asigură percepția ei de către organism în limitele semnificației biologice pe care o are, aceea de semnal de alarmă în vederea păstrării integrității corporale. ①

① **Segmentul central:**

Talamusul: stație de releu pentru mesajele cutanate

Aria corticală somatoestezică (în lobul parietal):
- primară (organizată somatotopic)
- secundară (fără organizare somatotopică)

Sisteme de reglare a durerii:
- neuronii nociceptivi din măduva spinării;
- substantele opioide endogene care inhibă transmiterea mesajelor nociceptive.

Analizatorul kinestezic

⓪ **Kinestezie** (sensibilitate proprioceptivă sau proprioceptie) = sensibilitatea aparatului locomotor

Kinestezia, denumită simplu sensibilitate proprioceptivă sau proprioceptie, include :
- *simțul mişcării* (perceperea gradului de mişcare a diverselor segmente corporale);

Scanned with OKEN Scanner

⓪Simţuri kinestezice

1.simţul mişcării
2. simţul poziţiei
3. simţul forţei

- *simţul poziţiei* (orientarea diverselor părţi ale corpului unele în raport cu altele);
- *simţul forţei* (perceperea forţei musculare dezvoltate pentru menţinerea unei poziţii sau pentru efectuarea unei mişcări).①

Prin intermediul sensibilităţii kinestezice, sistemul nervos este informat în orice moment asupra modificărilor poziţiei corpului în repaus sau în mişcare. Prin analiza fină a acestor informaţii, sistemul nervos asigură menţinerea tonusului postural şi precizia mişcărilor.①

Receptorii kinestezici

Receptorii kinestezici fac parte din grupa mecanoceptorilor şi sunt localizaţi în: muşchi, tendoane, ligamente, articulaţii; ei constituie sistemul senzitiv al aparatului locomotor. Se împart în două grupe: receptori musculari şi receptori articulari.⓪

① Segmentul periferic (muşchi, articulaţii):

Receptorii musculari (ai propriocepţiei inconştiente):
- Fusurile neuro-musculare
- Organele tendinoase Golgi

Receptorii articulari (ai propriocepţiei conştiente):
- corpusculii Ruffini
- corpusculii Paccini

Receptorii musculari sunt: fusurile neuro-musculare şi organele neuro-tendinoase Golgi. Ei sunt stimulaţi prin întinderea musculară. ①

Fusurile neuro-musculare au aspect fusiform şi sunt dispuse în muşchi paralel cu fibrele musculare striate. In structura unui fus muscular intră fibre musculare specializate, extrem de fine, grupate într-o capsulă conjunctivă; ele au primit denumirea de *fibre musculare intrafusale*, spre deosebire de fibrele musculare propriu-zise, numite *fibre musculare extrafusale*. Fibrele intrafusale au proteine contractile numai la capete, în timp ce regiunea ecuatorială este plină cu lichid intracelular; aşadar, numai capetele fusului se contractă, regiunea ecuatorială nu se poate contracta. ②

Fusul neuromuscular dispune de o inervaţie proprie senzitivă şi motorie. *Fibrele nervoase senzitive* (din grupa Aα) sunt conectate cu zona ecuatorială a fibrelor musculare intrafusale; ele sunt stimulate de întinderea muşchiului în totalitate, în timpul relaxării acestuia. Alungirea fibrelor musculare cu numai 1 % faţă de lungimea iniţală este suficientă pentru a stimula porţiunea centrală a fusului neuro-muscular şi a descărca potenţiale de acţiune în fibrele senzitive. *Fibrele nervoase motorii* aparţin grupei A gama (Aγ) şi sunt distribuite capetelor contractile ale fibrelor musculare intrafusale (primesc aşadar inervaţia de la neuronii motori gama, în timp ce fibrele extrafusale primesc inervaţia motorie prin axonii neuronilor motori alfa). Prin contracţia fibrelor intrafusale, regiunea ecuatorială a fusului, de asemenea, se alungeşte, asigurând generarea de impulsuri în fibrele nervoase senzitive.②

Potenţialele de acţiune generate în fibrele senzitive ale fusurilor musculare ale unui anumit muşchi sunt conduse la motoneuronul alfa din măduva spinării care deserveşte fibrele extrafusale ale aceluiaşi muşchi. Prin contracţia muşchiului are loc scurtarea regiunii ecuatoriale a fusului muscular, astfel că generarea de potenţiale de acţiune este blocată (este vorba de mecanismul clasic de autoreglare de tip feed-back).②

Organele tendinoase Golgi sunt situate în intimitatea tendoanelor; ele transmit mesaje legate de tensiunea musculo-tendinoasă. Ele dispun numai de inervație senzitivă; fibrele senzitive primesc impulsuri, de data aceasta, în urma contracției musculare. ①

Receptorii articulari, localizați în ligamentele capsulei articulare, sunt reprezentați de mecanoceptorii de tipul *corpusculilor Pacini*, rapid adaptabili, care răspund la tracțiuni, vibrații; și de tipul *corpusculilor Ruffini*, lent adaptabili, care sunt stimulați de mișcările de flexie și extensie. ①

Receptorii musculari sunt considerați receptori ai *sensibilității proprioceptive inconștiente*, iar cei articulari sunt considerați receptori ai *sensibilității proprioceptive conștiente*. ①

Mușchii și articulațiile dispun și de nociceptori.

Nociceptorii musculari răspund la presiuni puternice exercitate asupra mușchiului și la eliberarea de metaboliți (în caz de ischemie - insuficientă irigare cu sânge a mușchiului). Nociceptorii articulari răspund fie la hiperflexie și hiperextensie, fie în urma sensibilizării capsulei articulare prin procese inflamatorii. ③

① Segmentul intermediar (calea de conducere):

Fibre sensitive
din n. spinali și n.cranieni

Calea cordoanelor dorsale:
- Fasciculul Gracillis
- Fasciculul Cuneatus
(pentru sensibilitatea proprioceptivă conștientă)

Calea spino-cerebeloasă:
- Fasciculul spino-cerebelos dorsal (Flechsig) – Fasciculul spino-cerebelos ventral (Gowers)
(pentru sensibilitatea proprioceptivă inconștientă)

Căile de conducere a mesajelor kinestezice

Mesajele kinestezice care provin de la mușchi, tendoane și articulații sunt transmise prin fibre senzitive de tip A. Aceste fibre permit informarea rapidă a creierului asupra poziției segmentelor corporale pentru a realiza un control precis al mișcărilor. ①

Transmiterea ascendentă a mesajelor kinestezice se realizează pe două căi: calea cordoanelor dorsale, care transmite alături de mesajele sensibilității tactile, și mesajele sensibilității proprioceptive conștiente; calea spino-cerebeloasă, care transmite mesajele sensibilității proprioceptive inconștiente. ⓪

Calea cordoanelor dorsale conduce informațiile culese de la receptorii articulari pe traseul deja cunoscut spino-bulbo-talamo-cortical. ①

Calea spino-cerebeloasă conduce impulsuri determinate de întinderea și tensiunea musculo-tendinoasă (vezi căile aferente senzitivo-senzoriale: fasciculele *Gowers și Flechsig*). ①

Segmentul central al analizorului kinestezic

Integrarea mesajelor kinestezice conștiente se realizează prin intermediul ariilor cortexului cerebral, atât la nivelul ariei somestezice din circumvoluțiunea parietală ascendentă, cât și la nivelul ariei motorii prerolandice. ①

Scanned with OKEN Scanner

① **Segmentul central:**

Cortex:
- Aria corticală somatoestezică (în lobul parietal):
- Aria motorie prerolandică

Cerebel:
- paleocerebelul = creier proprioceptiv;
- neocerebelul (funcția de amortizare și de previziune)

Integrarea mesajelor kinestezice inconștiente se realizează prin intermediul paleocerebelului, considerat un adevărat "creier proprioceptiv". Cerebelul asigură *reglarea si coordonarea tonusului postural* utilizand informațiile primite de la mușchi și tendoane. ①

Cerebelul primește însă și mesajele propriocepției conștiente, prin intermediul cortexului. Astfel, cerebelul participă și la *reglarea și coordonarea contractiilor musculare*, prin funcția de "amortizare" și funcția de "previziune" a mișcărilor.①

- *Funcția de amortizare*. Cortexul informează cerebelul asupra mișcărilor care sunt prevăzute pentru executare; în același timp, cerebelul primește informații proprioceptive din corp cu privire la mișcările real îndeplinite. După compararea actelor comandate și a celor îndeplinite, cerebelul intervine pentru alinierea acțiunilor executate la actul dorit. ②

- *Funcția de previziune*. Cerebelul anticipează poziția diferitelor părți ale corpului în fiecare moment al mișcării și împiedică mișcările excesive sau ineficiente (dismetria).②

Analizatorul vestibular

⓪ **Sensibilitatea vestibulară** (o formă a sensibilității proprioceptive) - simțul echilibrului

Alături de analizatorul cutanat, kinestezic și vizual, analizatorul vestibular intervine în menținerea poziției de echilibru a corpului în spațiu, atât în repaus cât și în mișcare. ⓪

Sensibilitatea vestibulară (labirintică) este o formă a sensibilității proprioceptive. ⓪

Prin intermediul analizatorului vestibular, sistemul nervos este informat despre orice modificare de poziție a capului și despre mișcările de accelerație liniară sau unghiulară (de rotație), care ar putea periclita echilibrul corpului în repaus sau în mișcare. Pe baza acestor informații, organismul reacționează voluntar sau reflex pentru redresare. ①

① **Segmentul periferic (aparatul vestibular din urechea internă)**

Receptorii otolitici (în utriculă și saculă):
- statici și ai acceleraţiei liniare

Receptorii ampulari (în canalele semicirculare)
- ai acceleraţiei unghiulare

Receptorii vestibulari

Receptorii vestibulari sunt localizați în urechea internă, într-o porțiune a labirintului membranos. Labirintul membranos este situat în labirintul osos săpat în stânca osului temporal și are două porțiuni: aparatul vestibular (care cuprinde sacula, utricula și trei canale semicirculare) și aparatul auditiv (reprezentat de conductul cohlear). Labirintul membranos conține endolimfă și este înconjurat de perilimfă. ⓪

In utriculă și saculă se găsesc *macule* (*receptori otolitici*). Acestea sunt formate dintr-un strat de celule ciliate, ai căror cili pătrund într-un strat gelatinos care conține *otolite* (granule de carbonat de calciu). ①

Scanned with OKEN Scanner

Stimulii pentru receptorii otolitici sunt: înclinările anterioare, posterioare sau laterale ale capului; acceleraţia şi decelerația liniară (creşterea, respectiv încetinirea vitezei de deplasare în linie dreaptă). In momentul modificării poziției capului sau a vitezei de deplasare, otolitele acționează mecanic asupra cililor celulelor din macule şi determină excitarea acestor celule.①

Canalele semicirculare (anterior, posterior şi lateral) se deschid în utriculă. La locul pătrunderii în utriculă, fiecare canal are o dilatație numită ampulă. Ampulele canalelor semicirculare conțin *creste* (*receptori ampulari*). Aceste creste sunt formate din celule ciliate acoperite de o masă gelatinoasă net delimitată numită *cupulă*. Fiecare celulă are un fascicul de cili mai mici numiți *stereocili* şi un cil mai mare, la marginea stereocililor, numit *kinetocil*. ①

Receptorii ampulari sunt stimulați de acceleraţia şi decelerația unghiulară (creşterea, respectiv încetinirea vitezei mişcării de rotație a capului). Rotirea capului într-un sens determină deplasarea în sens invers a endolimfei datorită forței de inerție. Curentul endolimfatic acționează asupra cupulei, antrenând mişcarea stereocililor. Receptorii ampulari răspund bidirecțional: deplasarea stereocililor către kinetocil determină depolarizare urmată de excitație, iar deplasarea în sens invers a stereocililor determină hiperpolarizare urmată de inhibiție.①

Astfel, dacă rotirea capului se face spre stânga, mişcarea endolimfei are loc spre dreapta în ambele canale semicirculare laterale (din urechea stângă şi din urechea dreaptă). In urechea stângă stereocilii sunt înclinați spre kinetocil, deci la acest nivel se produce excitația; în schimb, în urechea dreaptă, stereocilii sunt înclinați de la kinetocil în sens invers, deci are loc inhibiția. Prin urmare, se descarcă impulsuri în fibrele nervoase senzitive numai din canalul urechii stângi.②

Căile de conducere şi segmentul central al analizorului vestibular

Neuronul senzitiv (protoneuronul căii vestibulare) este situat în *ganglionul lui Scarpa*, aflat pe traiectul ramurii vestibulare a *nervului acustico-vestibular* (perechea a VIII-a de nervi cranieni). Prelungirile dendritice ale acestui neuron se ramifică la baza celulelor ciliate din macule şi creste şi preiau mesaje pentru a le transmite mai departe centrilor nervoşi. ①

Axonii neuronilor senzitivi din ganglionul lui Scarpa se înmănunchează formând *nervul vestibular* (ramură a perechii a VIII-a de nervi cranieni); aceşti axoni pătrund în bulb, în *nucleii vestibulari*, unde se află deuteroneuronul căii vestibulare. ①

Deuteroneuronii căii vestibulare din bulb transmit informația în *talamus*, unde se găseşte al treilea neuron al căii vestibulare. Neuronii talamici proiectează în *cortexul temporal* în *aria senzorială vestibulară*. ①

① Neuronii căii vestibulare:

Primul neuron:
- în ganglionul lui Scarpa situat pe traiectul n. vestibular (r. a perechii a VIII).

Al doilea neuron:
- în nuclei vestibulari din bulbul rahidian

Al treilea neuron:
- în talamus

Scanned with OKEN Scanner

① **Segmentul central:**

Cortex:
- Aria senzorială vestibulară (în lobul temporal)

Cerebel:
- arhicerebelul (vestibulo-cerebelul) =centrul echilibrului

Un rol important în menținerea echilibrului revine unei componente a cerebelului: arhicerebelul (vestibulocerebelul). ①

Vestibulocerebelul primește informații de la aparatul vestibular, despre poziția capului în spațiu. Cerebelul, la rândul său, se află în legătură cu *nucleul roșu* din mezencefal (care intervine în coordonarea tonusului muscular), dar și cu ariile motorii corticale (care contribuie la coordonarea mișcărilor) ②

Nucleii vestibulari din bulbul rahidian realizează multiple conexiuni și cu alte formațiuni nervose: cu formația reticulată din trunchiul cerebral; cu nucleii de origine ai nervilor oculomotori (perechile III, IV, VI); cu măduva spinării.①

- *Formația reticulată* a trunchiului cerebral exercită influențe stimulatorii sau inhibitorii asupra tonusului muscular, participând la ajustarea lui în funcție de modificările poziției de echilibru. In trunchiul cerebral se găsesc, de asemenea, centrii nervoși care coordonează reflexele statice și statokinetice implicate în menținerea echilibrului.②

- *Nucleii de origine ai nervilor oculomotori* (III - n. oculomotor comun, IV - n. trochlear sau patetic, VI - n. oculomotor extern sau abducens), fiind interconectați cu aparatul vestibular, asigură mișcările compensatorii ale globilor oculari în timpul mișcării de rotație a capului.②

- *Neuronii motori din măduva spinării* primesc mesaje de la nucleii vestibulari prin intermediul căilor vestibulo-spinale sau de la cerebel prin fasciculul rubro-spinal. Ei sunt implicați direct în menținerea tonusului musculaturii scheletice a corpului.①

③

Sindromul vestibular - caz clinic (după Cunningham, 1992)

La clinica veterinară se prezintă un câine, Cocker spaniol, mascul, în vârstă de 3 ani. In aceeași clinică, câinele a fost tratat cu 2 luni în urmă de otită externă dreaptă (inflamația urechii externe).

Examinare clinică: Câinele are capul orientat spre dreapta; urechea dreaptă este ținută mai jos decât urechea stânga; deplasarea se face "în cerc" spre dreapta; se observă și nistagmus - mișcări compensatorii ale globilor oculari.

Comentariu: Devierea capului, mișcările în cerc și nistagmusul sunt semnele tipice din sindromul vestibular. Cauza acestuia poate fi extinderea infecției urechii externe la nivelul labirintului membranos. Descărcarea asimetrică de stimuli în nervii vestibulari ai celor două aparate vestibulare determină o inegalitate de tonus muscular între cele două jumătăți ale corpului.

Scanned with OKEN Scanner

Analizatorul acustic

Analizatorul acustic are rolul de a percepe, distinge şi localiza sunetele din mediul înconjurător. Auzul intervine în: recunoaşterea mediului, orientare în spaţiu, comunicare, semnalizarea hranei, a pericolelor. ⓪

Sunetul este produsul succesiunii vibraţiilor în aer. El se compune dintr-un set de unde sinusoidale, de amplitudine şi frecvenţă diferită, care constituie un ton. *Zgomotul* este un amestec de tonuri pure. ①

⓪ **Sunetul** = un set de unde sinusoidale (vibraţii) propagate in aer

Frecvenţa undelor sonore caracterizează *înălţimea* sau *tonalitatea* unui sunet şi se exprimă în *Hz (cicli/secundă).* Animalele şi omul percep sunetele a căror frecvenţă variază între 20 Hz şi 20 KHz (1 KHz = 1000 Hz). Acuitatea auditivă maximă este între 1000 şi 4000 Hz. Animalele (şoarecele, cobaiul, liliacul) percep şi ultrasunetele cu o frecvenţă de 30-100 KHz. Câinele are auzul foarte fin, percepe şi sunetele cu o frecvenţă de 20-40 KHz (imperceptibile pentru om). ①

⓪ **Caracteristicile sunetului:**
Frecventa (Hz), limite: 20-20.000
Intensitatea (Db), limte: 0-100

Intensitatea sunetelor este asociată amplitudinii undelor sonore şi se măsoară în *decibeli* (Db); scara decibelilor exprimă presiunea sunetului (dini/cm^2) în raport cu o presiune de referinţă (0,002 dini/cm^2), care coincide cu pragul pentru auz. ①

La frecvenţe ale sunetului cuprinse între 1000 şi 4000 Hz, pragul este 0 Db. La valori de sub 1000 Hz şi peste 4000 Hz, pragul de excitabilitate pentru auz creşte. ①

Exemple de valori ale intensităţii sonore:
- 0 Db - prag de percepţie auditivă;
- 20 Db - şoapta (vocea slabă);
- 50 Db - conversaţia la 4 m;
- 100 Db - avertizare sonoră auto la 7 m. ②

Sunetele care depăşesc 100 Db produc stări de disconfort şi chiar alterări ale auzului. ②

U r e c h e a - ca organ de simţ al percepţiei auditive

Urechea în ansamblul ei este un excelent aparat de captare, conducţie (transmitere) şi transducţie (recepţie) a undelor sonore. Componentele urechii sunt: urechea externă, urechea medie şi urechea internă (toate fiind implicate în auz). ⓪

Urechea externă este alcătuită din pavilion şi conductul auditiv extern. Ea este separată de urechea medie prin membrana timpanică. ⓪

Pavilionul urechii, în formă de pâlnie la animale, ajută la captarea sunetelor şi dirijarea lor către conductul auditiv extern. In plus, pavilionul participă la localizarea sursei sonore şi la aprecierea distanţei de unde vine sunetul. Puterea de localizare depinde de poziţia pavilionului (animalele pot

Scanned with OKEN Scanner

realiza mişcări ale pavilionului, fără modificarea poziţiei capului) şi de unghiul dintre planul median al capului şi sursa sonoră (sunetele care acţionează în planul median al capului nu pot fi localizate).①

⓪ Segmentul periferic (urechea)

Urechea externă şi medie - aparatul de captare şi conducţie a undelor sonore:
- pavilionul;
- conductul auditiv;
- timpanul;
- oscioarele;
- membrana ferestrei ovale

Urechea internă (cohlea) - aparatul de recepţie sau transducţie a undelor sonore: organul lui Corti

Conductul auditiv extern joacă rolul unui tub fonic, care focalizează sunetele şi le amplifică uşor. Are, de asemenea, rolul de a încălzi şi umezi aerul, condiţii necesare funcţionării membranei timpanice. Canalul auditiv extern conţine glande sebacee modificate care secretă *cerumen*, o secreţie care împiedică pătrunderea corpilor străini sau a insectelor care ar putea produce leziuni ale timpanului.①

Membrana timpanică este o membrană elastică, acoperită cu piele pe faţa externă. Ea funcţionează ca membrana unui microfon: vibrează la orice fel de frecvenţă atâta vreme cât durează sursa sonoră; când sunetul încetează brusc şi vibraţia timpanului se opreşte. Această perfectă vibraţie a timpanului este asigurată de egalizarea presiunilor pe cele două feţe ale sale (prin comunicarea faringo-timpanică- *trompa lui Eustachio*).①

Urechea medie este o cavitate plină cu aer, ce conţine un lanţ de *oscioare* (*ciocănelul, nicovala şi scăriţa*), care fac legătura între membrana timpanică şi membrana care acoperă deschiderea principală către urechea internă (*fereastra ovală*). Intre urechea medie şi cea internă există încă o deschidere, secundară, numită *fereastra rotundă*, care este şi ea acoperită de o membrană. ①

Cele trei oscioare, articulate între ele, primesc vibraţia sonoră de la timpan (o suprafaţa vibratorie mai mare) şi o transmit membranei ferestrei ovale (o suprafaţa vibratorie mai mică). Avantajul acestui raport dintre cele două suprafeţe vibratorii este posibilitatea amplificării sunetelor slabe. In acelaşi timp, funcţionarea pe bază de pârghie a oscioarelor care dispun de doi muşchi (*tensor timpani şi stapedius*), permite atenuarea vibraţiilor excesive. Aceste două mecanisme asigură o transmitere eficientă a undei sonore către urechea internă.②

Urechea internă este situată într-o excavaţie a osului temporal numită labirint osos. In labirintul osos se află labirintul membranos complet închis. ⓪

Urechea internă, plină cu lichid, conţine aparatul vestibular (utricula, sacula, canalele semicirculare) - despre care s-a discutat, şi organul auzului (melcul). ⓪

Melcul (cohlea) este reprezentat de elemente ale labirintului osos şi membranos. Spaţiul labirintului osos aflat chiar la intrarea în urechea internă, între fereastra ovală şi baza melcului osos poartă numele de vestibul. ⓪

Cohlea este un tub conic, cu originea în vestibul, răsucit în spirală în jurul unui ax central numit columelă. Acest tub este subdivizat în două compartimente de către lamina osoasă spirală care ia naştere din columelă. Separarea acestor două compartimente se face complet prin interpunerea între ele a porţiunii de labirint membranos care urmăreşte răsucirile melcului până la vârful acestuia. Labirintul membranos din interiorul melcului se numeşte *conduct cohlear* (*scala media*). El se prinde de melcul osos prin lamina osoasă

Scanned with OKEN Scanner

spirală şi prin ligamentul spiral din peretele extern al melcului. Cele două compartimente ale melcului osos separate de conductul cohlear sunt : *rampa vestibulară* (*scala vestibuli*) care comunică cu vestibulul şi *rampa timpanică* (*scala timpani*), care comunică cu urechea medie prin fereastra rotundă. Cele două rampe sunt net separate pe toată lungimea melcului, dar comunică între ele la vârful melcului printr-un spaţiu numit *helicotremă.* Aceste rampe conţin *perilimfă.* ①

Conductul cohlear - porţiune a labirintului membranos - este delimitat de *membrana bazilară,* ligamentul spiral şi *membrana Reissner* şi conţine în interiorul său, ataşat membranei bazilare, *organul lui Corti* - transductorul vibraţiilor sonore. El conţine celule ciliate, stâlpii lui Corti, celule de susţinere şi membrana tectoria. Stereocilii celulelor ciliate sunt în contact cu membrana tectoria. In interiorul conductului cohlear se găseşte *endolimfă,* secretată de o structură vasculară - *stria vascularis* - cuprinsă în ligamentul spiral. ①

Transducţia sunetului

Vibraţia sonoră transmisă prin timpan, oscioarelor şi apoi membranei ferestrei ovale, determină oscilaţii ale lichidului din cohlee. Mai întâi oscilaţiile cuprind perilimfa rampei vestibulare, apoi se transmit endolimfei din conductul cohlear. Mişcarea endolimfei antrenează *vibraţia membranei bazilare,* fenomenul esenţial al transmiterii cu fidelitate a undelor sonore. Orice vibraţie a membranei bazilare, determină înclinarea cililor celulelor senzoriale din organul lui Corti. Acest lucru este posibil datorită rigidităţii membranei tectoria care acoperă cilii. Astfel, celulele senzoriale ale organului lui Corti se depolarizează şi descarcă potenţiale de acţiune în fibrele nervoase care se ramifică la baza lor. Aceste potenţiale de receptor au primit denumirea de "potenţiale microfonice" şi ele reprezintă generatorul de influxuri nervoase în nervul auditiv, care transmite mesajul sonor sistemului nervos. ①

Vibraţia membranei bazilare se transmite şi perilimfei din rampa timpanică, antrenând bombarea spre exterior sau spre interior a membranei ferestrei rotunde. Astfel, de la fereastra ovală la fereastra rotundă, ansamblul celor două rampe, vestibulară şi timpanică, constituie un adevărat *rezonator,* care asigură vibrarea membranei bazilare diferenţiat în funcţie de frecvenţa sunetelor transmise. Membrana bazilară este mai îngustă la baza melcului şi mai lată la vârful acestuia. ①

Ⓞ
Tonotopie = vibraţia diferenţiată a membranei bazilare a melcului, în funcţie de frecvenţa undelor sonore.

Sunetele de frecvenţă înaltă determină vibrarea membranei bazilare de la baza melcului, iar cele de frecvenţă joasă determină vibrarea membranei bazilare de la vârful melcului. Fenomenul se numeşte *tonotopie.* ①

Explicaţia tonotopiei membranei bazilare are la bază *teoria "undelor călătoare".* Fiecare undă vibratorie se propagă în lungul membranei bazilare cu amplitudine din ce în ce mai mare până în punctul în care amplitudinea este maximă şi întreaga energie sonoră este disipată. In acest punct unda se stinge, îşi opreşte "călătoria". Undele de frecvenţă înaltă (peste 8000 cicli/s)

Scanned with OKEN Scanner

"călătoresc" puțin, ele ating maximum de amplitudine încă de la baza melcului, în schimb, undele de frecvență joasă (50-100 cicli/s), parcurg aproape întreaga membrană bazilară, atingând maximum de amplitudine la vârful melcului.②

Prin urmare, în punctul de pe membrana bazilară în care unda călătoare atinge maximum de amplitudine are loc excitarea celulelor senzoriale şi astfel fiecare punct de pe membrana bazilară este sensibil o anumită frecvență a spectrului sonor. ①

① **Neuronii căii auditive:**

Primul neuron:
- în ganglionul spiral al lui Corti situat pe traiectul n. auditiv (r. a perechii a VIII).

Al doilea neuron:
- în nucleii cohleari din bulbul rahidian

Al treilea neuron:
- în talamus, în corpul geniculat medial

Calea de conducere centripetă a mesajelor sonore

Fibrele nervose senzitive de la baza celulelor senzoriale ale organului lui Corti reprezintă prelungirile dendritice ale protoneuronului căii auditive situat în *ganglionul spiral* din apropierea cohleei. Axonii neuronilor din ganglionul spiral se unesc şi dau naştere nervului acustic, care la rândul lui se unește cu nervul vestibular şi formează *perechea a VIII-a de nervi cranieni.*⓪

Fibrele acustice ale n. VIII pătrund în trunchiul cerebral şi fac sinapsă cu al doilea neuron situat în *nucleii cohleari* din bulb (dorsali şi ventrali). O parte din axonii deuteroneuronilor urcă homolateral, iar o parte se încrucişează la nivelul bulbului şi urcă heterolateral până în *corpul geniculat medial al talamusului*. In talamus, în corpul geniculat medial, se găseşte al treilea neuron, care proiectează în cortex. ①

Calea ascendentă auditivă, bulbo-talamică, este inclusă în *lemniscul lateral*, care trimite ramuri şi la nivelul *tuberculilor cvadrigemeni caudali (coliculi auditivi inferiori)*, responsabili de apariția reflexului de orientare către sursa sonoră.①

O altă parte a fibrelor acustice care provin din nucleul cohlear dorsal fac releu în formațiunea reticulată a trunchiului cerebral, care are conexiuni ascendente, cu cortexul cerebral (auzul intervine în fenomenul de trezire corticală - starea de veghe) şi descendente, cu neuronii motori medulari (pentru mişcările capului în direcția sursei sonore).①

① **Segmentul intermediar (calea de conducere):**

Fibre sensitive - prelungiri dendritice ale protoneuronilor la baza organului lui Corti

Perechea de nervi cranieni: VIII (n. acustico-vestibular)

Calea bulbo-talamică:
- lemniscul lateral (transmitere homo- şi heterolaterală)

Segmentul central al analizatorului acustic

Este reprezentat de *aria acustică* situată în *lobul temporal* al cortexului. Aria acustică este subdivizată în: aria acustică primară (AI) şi arii acustice secundare sau de asociație (AII). Aria acustică primară, situată în girusul temporal superior, este organizată conform tonotopiei membranei bazilare: zona posterioară răspunde la sunete de frecvențe înalte, iar zona anterioară la sunete de frecvențe joase. Ariile secundare, situate posterior ariei primare, nu răspund la toate frecvențele sonore, dar intervin în asocierea senzației auditive cu alte senzații.①

⓪ **Segmentul central:**

Cortex:
Aria acustică (în lobul temporal)

Scanned with OKEN Scanner

Datorită încrucişării parţiale a fibrelor celor doi nervi acustici, informaţiile provenite de la una din urechi ajung în egală măsură în ariile auditive ale celor două emisfere cerebrale. Analiza centrală a semnalelor sonore biauriculare (de la ambele urechi) provenite dintr-o singură sursă sonoră permite *localizarea şi aprecierea corectă a distanţei* la care se află sunetul.①

Baza explorării funcţionale a auzului

Pierderea auzului la animale, ca şi la om, poate fi rezultatul blocării transmiterii sunetelor - *surditate de conducţie*, sau rezultatul disfuncţiei celulelor senzoriale cohleare sau a nervului auditiv - *surditate de transmitere centripetă.*②

Surditatea de conducţie este produsă prin blocarea conductului auditiv extern sau prin rigiditatea lanţului de oscioare. Surditatea de transmitere centripetă este produsă fie prin absenţa congenitală a organului lui Corti, fie prin degenerescenţa de natură toxică sau infecţioasă a nervului auditiv.②

In clinică, pentru a diferenţia cele două tipuri de surditate, se utilizează posibilitatea *conducerii osoase* a vibraţiilor sonore. In afară de conducerea obişnuită pe calea aerului a unui sunet, există şi posibilitatea atingerii celulelor senzoriale din cohlee de vibraţii conduse prin oasele craniului. In surditatea de conducţie, un sunet transmis pe calea aerului nu este perceput, dar plasarea unui diapazon direct pe craniu face posibilă transmiterea vibraţiilor prin os până la cohlee şi sunetul diapazonului este perceput.②

In surditatea de transmitere centripetă, indiferent de modul de aplicare a unui sunet (prin conducere aeriană sau osoasă), nu se obţine nici o percepţie sonoră. ②

Surditatea congenitală: caz clinic (după Cunningham, 1992) ③

Se prezintă la clinica veterinară un câine Dalmaţian, mascul, în vârstă de 2 luni, având culoarea părului complet albă.

Examenul clinic evidenţiază un animal aparent sănătos, cu excepţia faptului că nu răspunde la comenzi vocale sau la aplicarea unor zgomote peste pragul de auz. Toate reflexele, inclusiv cele vestibulare, sunt în limitele normale. Potenţialele evocate auditive sunt absente, sugerând faptul că la creier nu sosesc semnale de la celulele senzoriale din cohlee.

Comentariu: Surditatea congenitală este o boală adesea întâlnită la câini şi alte animale care au pielea şi părul depigmentate (de culoare albă). Obişnuit, această surditate se datorează absenţei cohleei din urechea internă. Deoarece este prezentă la naştere şi este asociată depigmentării cutanate, această disfuncţie a aparatului auditiv este considerată o boală congenitală cu determinism genetic.

Stabilirea percepţiei sonore necesită participarea activă a pacientului (omul declară dacă percepe sau nu un stimul sonor); transpunerea metodelor de explorarea a auzului la animale este limitată. In momentul aplicării unui sunet,

Scanned with OKEN Scanner

la animale se pot lua în calcul reacţiile acestora: orientarea capului spre sursa sonoră; modificarea ritmului respirator. ②

O tehnologie mai elaborată ar putea fi utilizată pentru înregistrarea *potenţialelor evocate* auditive. Acestea sunt potenţiale electrice ale ariei corticale auditive obţinute ca rezultat al aplicării unor sunete în ureche; se numesc "evocate" pentru că sunt induse, provocate. Dacă recepţia sau transmiterea sunetelor este imposibilă sau numai diminuată, înregistrarea grafică - *audiograma*, dă indicaţii obiective privind gradul de surditate.③

Analizatorul vizual

Analizatorul vizual este un sistem complex al organismului care asigură detectarea şi interpretarea stimulilor externi fotonici. ⓪

La vertebrate, stimulii fotonici sunt undele electromagnetice cu lungimea de undă cuprinsă între 390 şi 760 nanometri (nm), ce aparţin spectrului luminos vizibil: ⓪

⓪
Spectrul vizibil = unde electromagnetice cu lungimi de undă între:
390 nm (lumina violet)
760 nm (lumina roşie)

sub 390 nm ..... spectru ultraviolet
390 nm ..... lumina violet
} spectru vizibil
760 nm ..... lumina roşie
peste 760 nm ..... spectrul infraroşu

De asemenea, analizatorul vizual informează organismul asupra localizării spaţiale a radiaţiilor, de unde capacitatea lui de percepere a imaginilor obiectelor înconjurătoare.⓪

Funcţia senzorială realizată de către analizatorul vizual este *vederea* - o funcţie esenţial *exteroceptivă* (informează organismul asupra mediului şi participă la reacţii mai complexe de orientare); dar vederea este şi o funcţie parţial *proprioceptivă,* deoarece este punct de plecare pentru reglarea tonusului muscular, în vederea menţinerii posturii şi echilibrului. ①

⓪ **Segmentul periferic (ochiul)**

Aparatul optic:
- corneea;
- irisul;
- cristalinul;
- umorile ochiului

Retina:
fotoreceptorii

Ochiul ca organ de simţ al vederii

Ochiul se compune din glob ocular şi structuri accesorii de protecţie (pleoape, glanda lacrimală). ⓪

Retina este componenta esenţială a globului ocular implicată în realizarea vederii. Lumina vizibilă impresionează *fotoreceptorii* localizaţi în retină. Dar accesul razelor luminoase la fotoreceptori este asigurat de structuri ale globului ocular care alcătuiesc un adevărat *aparat optic fiziologic*: corneea, irisul, cristalinul şi umorile ochiului.⓪

Scanned with OKEN Scanner

Structurile funcționale ale globului ocular

Peretele globului ocular este format din trei straturi.

Stratul extern sau *tunica fibroasă* include o porțiune anterioară - *corneea,* transparentă - și o porțiune posterioară - *sclera,* opacă (albul ochiului).⓪

Corneea permite pătrunderea luminii în globul ocular. Suprafața ei este variabilă, fiind mai mare la animalele nocturne și mai mică la cele diurne (la câine numai 17 % din suprafața globului ocular este ocupată de cornee, iar la pisică, 30 %). ②

Corneea este avasculară (absența vaselor de sânge fiind un avantaj pentru pătrunderea luminii), dar prezintă o bogată inervație senzitivă - terminații nervoase amielinizate (corneea fiind unul dintre cele mai sensibile țesuturi ale corpului) ①

*Transparența corneei depinde de gradul ei de hidratare. Creșterea conținutului de apă determină reducerea transparenței și apariția opacifierii corneei. In același mod acționează traumatismele sau leziunile epiteliului corneean.*③

Stratul mijlociu sau *tunica vasculară* include irisul, coroida și corpii ciliari. *Irisul* este o diafragmă colorată care delimitează un orificiu - *pupila.* Deschiderea pupilară este orizontală la ierbivorele domestice și porc, verticală și eliptică la pisică și circulară la câine. In structura irisului intră două straturi musculare netede: stratul circular care constituie *sfincterul pupilar* și stratul radiar care constituie *dilatatorul pupilar.* Activitatea acestor mușchi este controlată de SNV - parasimpaticul contractă sfincterul pupilar, micșorând pupila, iar ortosimpaticul contractă dilatatorul pupilar, mărind diametrul pupilar; este astfel asigurată dozarea cantității de lumină care pătrunde în globul ocular. *Coroida* este bogată în vase de sânge care irigă retina. *Corpul ciliar* este o îngrosare a coroidei și este reprezentat de: muschiul ciliar (m. neted) și procesele ciliare (epiteliu secretor) ①

Stratul intern sau *tunica nervoasă* este retina. *Retina* are o parte funcțională, cea care acoperă porțiunea posterioară a globului ocular - *retina optică,* și o parte nefuncțională - *retina oarbă* - care acoperă structurile din porțiunea anterioară a globului ocular. Porțiunea centrală a retinei asigură acuitate vizuală maximă, fiind cunoscută sub denumirea de *macula lutea*; în mijlocul ei se află o mică depresiune unde sunt focalizate razele luminoase - *fovea centralis.* O mică porțiune a retinei posterioare (plasată ventro-medial) este totuși oarbă - locul de ieșire a nervului optic, cunoscut sub numele de *disc optic* sau *pata oarbă.* ①

La pisică, discul optic are poziție centrală. O constricție circulară a pupilei la această specie ar fi împiedicat vederea în lumină puternică, deoarece razele luminoase ar fi căzut chiar pe pata oarbă. Dar constricția se face în

⓪ Peretele globului ocular:

Stratul extern (tunica fibroasă):
- sclera (opacă)
- corneea (transparentă)

Sratul mijlociu (tunica vasculară):
- coroida (vase de sânge)
- irisul (mușchi netezi)
- corpii ciliari (muschi netezi, procese ciliare)

Stratul intern (tunica nervoasă):
- retina optică
- retina oarbă

Scanned with OKEN Scanner

plan vertical şi imaginea se formează deasupra şi sub discul optic, astfel că pisica poate vedea şi în lumină puternică. ②

In interiorul globului ocular, în faţa retinei, se află: o lentilă naturală biconvexă - cristalinul - care asigură focalizarea luminii pe retină; şi umorile ochiului - umoarea apoasă şi umoarea sticloasă (corpul vitros), cu rol nutritiv şi în menţinerea formei globului ocular. ⓪

Cristalinul este alcătuit dintr-o substanţă cristaloidă inclusă într-o capsulă elastică; scoasă în afara ochiului, lentila ochiului capătă o formă sferică datorită elasticităţii proprii. In interiorul globului ocular, cristalinul este suspendat, în spatele irisului, de un ligament suspensor (*zonula Zinn*), care se prinde de peretele globului ocular prin intermediul muşchilor ciliari. Acest ligament presează asupra cristalinului, reducându-i convexitatea antero-posterioară. ①

Prin contracţia sau relaxarea muşchilor ciliari, tensiunea exercitată de ligamentul suspensor asupra cristalinului scade sau creşte, ceea ce determină bombarea sau aplatizarea cristalinului; astfel, ochiul se acomodează la vederea obiectelor apropiate sau îndepărtate. Controlul activităţii muşchilor ciliari este realizat de sistemul nervos vegetativ: parasimpaticul contractă, iar ortosimpaticul relaxează m. ciliar. ①

Spaţiul din jurul irisului (în spatele irisului - *camera posterioară* a ochiului; în faţa irisului - *camera anterioară* a ochiului) este umplut cu un lichid clar - *umoarea apoasă*. Acest lichid este secretat în permanenţă de procesele ciliare, bogat vascularizate, care proiemină în camera posterioară. Rolul său este de a asigura nutriţia corneei şi a cristalinului, care sunt structuri avasculare. Umoarea apoasă circulă continuu, trecând din camera posterioară în camera anterioară prin orificiul pupilar, apoi este reabsorbit în sângele venos prin spaţiile Fontana din unghiul irido-cornean al ochiului. ①

Orice dezechilibru între secreţia şi reabsorbţia umorii apoase modifică presiunea intraoculară. Creşterea presiunii intraoculare poartă numele de glaucom şi poate conduce la periclitarea vederii prin reducerea viabilităţii retinei. ②

Spaţiul din spatele cristalinului conţine un material gelatinos - *corpul vitros*. El ocupă cea mai mare parte a volumului globului ocular şi este transparent. Rolul său este de a menţine forma globului ocular, permiţând totodată accesul razelor luminoase către retină. ①

La exterior, globul ocular este acoperit de *muşchi striaţi*. Spre deosebire de muşchii intraoculari (ciliari şi irieni), care sunt sub controlul SNV, muşchii extraoculari primesc o inervaţie motorie somatică. In general, ochiul dispune de 6 muşchi striaţi:

⓪ Interiorul globului ocular:

Cristalinul (lentila naturală a ochiului): fixat de muşchii ciliari prin zonula Zinn

Umoarea apoasă
Ocupă:
- camera posterioară (în spatele irisului)
- camera anterioară (în faţa irisului)

Corpul vitros
Ocupă spaţiul din spatele cristalinului

⓪ Exteriorul globului ocular:

Muşchi striaţi:
- 4 muşchi drepţi
- 2 muşchi oblici

Scanned with OKEN Scanner

- 4 mușchi drepți: (drept dorsal, drept ventral, drept intern și drept extern);

- 2 mușchi oblici : (marele oblic și micul oblic).

Acești mușchi se prind pe de o parte de orbită, iar pe de altă parte de scleră. ①

Nervii motori ai acestor mușchi sunt: *nervul oculomotor comun* (perechea a III-a de nervi cranieni); *nervul patetic* sau *trochlear* (perechea a IV-a de nervi cranieni); *nervul oculomotor extern* sau *abducens* (perechea a VI-a de nervi cranieni). ①

Rolul mușchilor extraoculari este de a mișca ochii corespunzător către sursa vizuală.①

⓪Etapele fotorecepției

1. Preluarea imaginii pe retină
2. Sensibilizarea fotoreceptorilor
3. Geneza semnalului vizual

Fotorecepția

Reprezintă impresionarea retinei prin unde luminoase și transformarea acestui mesaj electromagnetic în semnal vizual, accesibil sistemului nervos.⓪

Fotorecepția presupune parcurgerea mai multor etape :

- preluarea imaginii pe retină;
- sensibilizarea fotoreceptorilor retinieni;
- geneza semnalului vizual. ⓪

⓪ Funcția aparatului optic al ochiului:

Corneea: principala suprafață refractară a ochiului (PR = 43 dioptrii)

Irisul: diafragma ochiului care controlează cantitatea de lumină intrată

Umorile: apoasă și vitroasă: permit accesul razelor luminoase la retină

Cristalinul: realizează acomodarea dioptrică (PR = 13-26 dioptrii)

Preluarea imaginii pe retină

Accesul radiațiilor luminoase la fotoreceptorii specifici localizați pe retină este asigurat de *aparatul optic al ochiului* (reprezentat de cornee, iris, cristalin, umori). ⓪

Ochiul ar putea fi comparat cu o cameră fotografică. Ambele - ochiul și camera fotografică - au capacitatea de a prelua imagini prin utilizarea unui sistem de lentile care focalizează lumina pe o suprafață fotosensibilă. Calitatea imaginii este sporită de utilizarea unei diafragme, care controlează cantitatea de lumină intrată (în cazul ochiului - irisul). ①

Ochiul, ca și camera fotografică, produce o *imagine reală a obiectului, dar răsturnată*. Inversarea imaginii pe retină se datorează încrucișării razelor luminoase provenite de la obiect într-un punct nodal de pe cristalin. Puterea de convergență a razelor luminoase este cunoscută sub numele de *putere de refracție (PR)*. Unitatea de măsură a puterii de refracție este *dioptria*. ⓪

Pentru focalizarea corectă a unei imagini, lumina care vine dintr-un punct al obiectului și trece prin cornee, pupilă, cristalin și umoare sticloasă, trebuie refractată astfel încât ea să cadă într-un punct corespondent pe retină. Corneea este principala suprafață refractară a ochiului, având o putere de refracție de 43 dioptrii. Cristalinul este extrem de important pentru focalizarea imaginii pe retină, el având o putere de refracție variabilă (de la 13 la 26 dioptrii). Modificarea puterii de refracție a cristalinului este realizată prin modificarea formei sale ca urmare a contracției sau relaxării mușchilor ciliari.①

Scanned with OKEN Scanner

Modificarea formei cristalinului (bombare sau aplatizare) pentru focalizarea imaginii pe retină poartă numele de *acomodare dioptrică*. Prin acest fenomen devine posibilă vederea clară atât a obiectelor apropiate cât şi a obiectelor îndepărtate. Acomodarea la distanţă este un proces fiziologic aflat sub controlul sistemului neuro-vegetativ. ⓪

Parasimpaticul, prin contracţia muşchiului ciliar, reduce presiunea exercitată de zonula Zinn asupra cristalinului, care devine mai sferic cu o putere de refracţie crescută; astfel, este posibilă focalizarea pe retină a imaginii obiectelor apropiate. ①

Ortosimpaticul, prin relaxarea m. ciliar, măreşte tensiunea exercitată asupra cristalinului, astfel că acesta îşi reduce convexitatea şi totodată puterea de refracţie, făcând posibilă formarea pe retină a imaginii obiectelor îndepărtate.①

*Odată cu înaintarea în vârstă, cristalinul îşi pierde elasticitatea, reducându-se astfel capacitatea de acomodare a ochiului. Această tulburare a vederii se numeşte presbiopie. Se cunosc două defecte majore de focalizare a imaginii (care pot fi înnăscute sau dobândite): miopia şi hipermetropia. In miopie, focalizarea imaginii se face în faţa retinei, datorită ochiului disproporţionat de lung, iar în hipermetropie, în spatele retinei, datorită ochiului prea scurt.*②

Opacifierea cristalinului - denumită cataractă, perturbă capacitatea de refracţie a cristalinului, afectând vederea şi conducând adesea la orbire. ②

Acomodarea dioptrică la animale este limitată, datorită muşchiului ciliar redus (excepţie face pisica). De aceea, la animale s-au dezvoltat mijloace de acomodare auxiliare. Un exemplu îl constituie "*retina în rampă*" la cal. Globul ocular are o formă caracteristică, astfel încât obiectele îndepărtate focalizează pe retină exact în spatele cristalinului, iar obiectele apropiate (de pe sol) focalizează într-un punct pe retină deasupra cristalinului, prin simpla modificare a poziţiei capului. Prin urmare, distanţa focală (dintre cristalin şi retină) poate varia fără modificarea convexităţii cristalinului. ②

Sensibilizarea fotoreceptorilor retinieni

Retina este suprafaţa fotosensibilă a ochiului, care prezintă de la exterior spre interior 10 straturi celulare, dintre care amintim pe cele de importanţă majoră : stratul celulelor pigmentare, bogate în melanină (pigmentul negru), de unde culoarea neagră a retinei; stratul celulelor fotoreceptoare (celule cu bastonaşe şi conuri); stratul celulelor bipolare; stratul celulelor ganglionare (celulele bipolare şi celulele ganglionare sunt neuroni între care se stabilesc conexiuni sinaptice).⓪

Celulele pigmentare ale retinei absorb lumina pătrunsă în globul ocular; în plus, asigură fagocitoza porţiunilor de membrană care se desprind din celulele fotoreceptoare.①

Scanned with OKEN Scanner

Fotoreceptorii retinieni sunt reprezentați de celulele cu bastonașe și celulele cu conuri (numite simplu bastonașe și conuri).⓪

Fiecare celulă fotoreceptoare are 3 segmente: un segment extern în formă de bastonaș sau de con (de unde și denumirea lor specifică), care conține fotopigmentul specific (sensibil la lumină); un segment intern, care conține nucleul celular și organitele citoplasmatice; terminația sinaptică, care realizează legături sinaptice cu una sau mai multe celule din stratul următor.①

⓪ **Sensibilizarea fotoreceptorilor:**

Celulele cu bastonașe:
- asigură vederea scotopică (nocturnă) si monocromatică

Celulele cu conuri:
- asigură vederea fotopică (diurnă) și cromatică

- *Bastonașele* au segmentul extern mult mai lung decât conurile și de aceea conțin o cantitate mai mare de fotopigment. Această caracteristică le conferă o foarte mare sensibilitate la lumină (ele reacționează chiar și la un singur foton); astfel, bastonașele funcționează foarte bine în condiții de lumină slabă, fiind responsabile de *vederea scotopică* (crepusculară, nocturnă). Fotopigmentul prezent în aceste celule este *rodopsina*, care se compune din *cis-retinal* (derivat al vitaminei A) și *opsină* (o proteină). Opsina bastonașelor se numește *scotopsină*. ①

- *Conurile* nu sunt atât de sensibile la lumină ca bastonașele, dar reacționează bine la lumina zilei, asigurând *vederea fotopică* (diurnă). Fotopigmentul conurilor conține același derivat al vitaminei A, dar opsina este diferită - *fotopsina*. Se cunosc trei tipuri de conuri, ce conțin pigmenți diferiți, sensibili la lungimi de undă diferite. Un tip de conuri răspunde la lumina albastră; alt tip de conuri răspunde la lumina verde; iar al treilea tip de conuri răspunde la lumina roșie. Așa se explică participarea conurilor la *vederea cromatică*. Faptul că nu se percep doar trei culori ci o gamă extrem de variată de culori se explică prin sensibilizarea concomitentă și într-o proporție diferită a celor trei tipuri de conuri. Perceperea culorii albe este rezultatul stimulării în mod egal al celor trei tipuri de conuri. ①

La nivelul retinei, în fovea centralis, se găsesc numai conuri, de aceea această regiune a retinei asigură cea mai mare acuitate vizuală (formarea unei imagini clare, de de cea mai bună calitate). Bastonașele sunt concentrate în jurul foveei. Ele nu furnizează imagini vizuale clar definite și nu asigură perceperea culorilor; ele răspund de vederea alb-negru.①

In general, mamiferele (cu excepția primatelor) conțin puține conuri, de aceea percep slab culorile. Există și mamifere care nu au deloc conuri (pisica, cobaiul, șobolanul alb). Acestea nu văd clar ziua și percep în locul culorilor nuanțe diferite de gri (*vedere monocromatică*). ②

Dimpotrivă, păsările (cu excepția prădătoarelor de noapte) au mai multe conuri și mai puține bastonașe; de aceea, nu văd bine noaptea, dar ziua disting foarte bine culorile (se hrănesc cu insecte viu colorate). Albinele văd foarte bine culorile (culeg nectarul florilor divers colorate) și, în plus, au sensibilitate retiniană și la radiațiile ultraviolete. ②

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Geneza semnalului visual

Transducția luminii (transformarea luminii în influx nervos) asigură geneza mesajului vizual printr-o serie de reacții biochimice care au loc în celulele fotoreceptoare. ⓪

Lumina pătrunsă în globul ocular traversează toată grosimea retinei de la interior spre exterior, trecând prin stratul celulelor ganglionare și bipolare și ajungând apoi la stratul celulelor fotosensibile. Fiecare rază luminoasă provenită de la obiectul privit traversează retina într-un anumit punct și impresionează alte celule fotosensibile (imaginea pe retină este punctiformă). ①

In celulele cu bastonașe, lumina descompune rodopsina în trans-retinal și scotopsină, trecând prin mai multe stadii intermediare instabile: prelumirodopsina, lumirodopsina, metarodopsina I și metarodopsina II. Metarodopsina II determină amplificarea excitației vizuale, cu modificări ale polarității membranei celulelor fotoreceptoare. Aceste modificări antrenează eliberarea mediatorului chimic din terminația sinaptică și geneza influxurilor nervoase în celulele bipolare și ganglionare. ①

In celulele cu conuri, procesele biochimice se desfășoară în același mod.

Pentru a răspunde la noi mesaje luminoase este necesară refacerea pigmentului fotosensibil. Reacția inversă, de resinteză a fotopigmentului, are loc la întuneric, mai rapid în celulele cu bastonașe decât în conuri. Resinteza necesită transformarea trans-retinalului în cis-retinal, cu ajutorul unei enzime – izomeraza. Cis-retinalul împreună cu opsina reface pigmentul fotosensibil. ①

Un rol important în refacerea stocului de cis-retinal (retinen) revine vitaminei A. Lipsa vitaminei A determină formarea inadecvată a rodopsinei, ceea ce conduce la slăbirea vederii în lumină crepusculară (de seară). ②

① Geneza semnalului vizual:

Lumina descompune fotopigmentul din bastonașe sau conuri în trans-retinal și opsină

Procesele biochimice din fotoreceptori determină geneza influxului nervos în straturile celulelor bipolare și ganglionare ale retinei

Calea de conducere a semnalului vizual

Calea sensibilității vizuale include, ca și în cazul celorlalte tipuri de sensibilitate, trei neuroni, dintre care doi sunt periferici (localizați în retină). ⓪

Protoneuronul este reprezentat de *celulele bipolare* din retină. Prelungirile dendritice ale acestor celule fac sinapsă cu terminațiile celulelor fotoreceptoare. Prelungirile axonice ale celulelor bipolare fac sinapsă cu *celulele ganglionare* (care reprezintă deuteroneuronul). Din unirea axonilor celulelor ganglionare se formează *nervul optic* (perechea a II-a de nervi cranieni), care părăsește globul ocular și conduce semnalul vizual până la talamus, în *corpul geniculat lateral*, unde se găsește al treilea neuron. ①

Decusația nervilor optici

Nervii optici de la ambii ochi converg la nivelul *chiasmei optice*. La acest nivel, o parte din fibre se încrucișează, iar o parte se continuă de aceeași parte a ochiului de origine. Fibrele care se încrucișează provin de la porțiunea nazală (medială) a retinei, iar fibrele directe, de la porțiunea temporală (laterală) a retinei. ⓪

⓪ Neuronii căii vizuale:

Primul neuron:
- celulele bipolare din retină

Al doilea neuron:
- celulele ganglionare din retină

Al treilea neuron:
- în talamus, în corpul geniculat lateral

Decusaţia (încrucişarea) fibrelor nervilor optici se realizează în proporţie diferită la diverse specii de animale.

La speciile la care ochii sunt plasaţi de o parte şi de alta a capului (păsări, peşti), decusaţia este totală, informaţiile de la un ochi fiind transmise la centrii superiori din partea opusă; aceste specii au *vedere monoculară* (au câmpuri vizuale diferite pentru fiecare ochi). ②

La mamifere, decusaţia este parţială, proporţia fibrelor încrucişate fiind mai mare la ierbivore, ceva mai mică la feline şi minimă la primate. La aceste specii, există o suprapunere a celor două câmpuri vizuale (*vedere binoculară*). Zona de suprapunere reprezintă câmpul vederii binoculare, iar zonele laterale nesuprapuse reprezintă câmpurile vederii monoculare. La ierbivore (care au ochii plasaţi lateral), predomină vederea monoculară, iar la feline, păsări de pradă şi la om (care au ochii plasaţi frontal) predomină vederea binoculară. ②

Vederea binoculară asigură o percepţie în relief a obiectelor (*vederea stereoscopică*), deoarece fiecare ochi vede obiectul sub un unghi diferit.

După decusaţia fibrelor nervilor optici, fibrele încrucişate şi fibrele directe constituie *tractusul optic* care se termină în talamus, în *corpul geniculat lateral*. Neuronii corpului geniculat lateral proiectează în cortex. Din tractusurile optice se desprind câteva fibre care ajung la tuberculii cvadrigemeni anteriori (*colicului optici*), care intervin în localizarea obiectelor în spaţiu şi în orientarea capului către sursa luminoasă. ①

① Segmentul intermediar (calea de conducere):

Perechea de nervi cranieni:
II (n. optic) – axonii celulelor ganglionare din retină

Decusaţia nervilor optici:
- totală, la speciile cu vedere monoculară
- parţială, la speciile cu vedere binoculară

Segmentul central al analizatorului visual

In *lobul occipital* al cortexului se află aria senzorială vizuală, în care retina este proiectată punct cu punct. O reprezentare corticală mai mare are macula lutea datorită implicării ei masive în acuitatea vizuală. ⓪

Rolul cortexului vizual este de a analiza şi integra mesajele vizuale în vederea elaborării senzaţiei vizuale conştiente. Obiectele sunt percepute în poziţie dreaptă şi la dimensiunile lor reale. ⓪

Cu toate că în retina fiecărui ochi se formează câte o imagine separată pentru acelaşi obiect, neuronii corticali au capacitatea de a contopi cele două imagini într-o *senzaţie unică*, astfel că un singur obiect nu este văzut dublu. ①

⓪ Segmentul central:

Cortex:
Aria vizuală (în lobul occipital)

Mişcările globului ocular

Muşchii scheletici ai globilor oculari asigură menţinerea ochiului în orbită. Prin contracţia acestor muşchi, ochiul poate realiza mai multe tipuri de mişcări:

- *mişcări dreapta-stânga* prin contracţia muşchilor plasaţi lateral (drept intern şi drept extern);
- *mişcări sus-jos* prin contracţia muşchilor plasaţi dorsal şi ventral (drept dorsal, drept ventral);
- *mişcări de rotaţie* prin contracţia muşchilor oblici (marele şi micul oblic);
- *mişcări de retracţie* a globului ocular (muşchi retractori). ①

Scanned with OKEN Scanner

Scopul mişcărilor globilor oculari este:

- fixarea obiectului privit: axa optică a ochilor să coincidă cu formarea imaginii pe fovee;
- rotirea ochilor în sens compensator atunci când este necesară rotaţia capului sau a gâtului.
- percepţia reliefului obiectelor şi aprecierea distanţelor.
- protecţia ochilor de eventuale traumatisme prin retracţia ochilor în orbită şi alunecarea concomitentă a pleoapei a treia peste globul ocular. ②

Centrii motori implicaţi în realizarea mişcărilor globilor oculari sunt localizaţi în cortexul cerebral şi în trunchiul cerebral.

In cortex se găsesc două arii oculomotorii:

- *aria oculomotorie frontală,* responsabilă de controlul voluntar al mişcărilor ochilor;
- *aria oculomotorie occipitală* cu rol de centru reflex pentru informaţiile luminoase. ①

In trunchiul cerebral se află *nucleii de origine ai nervilor oculomotori*:

- n. oculomotor comun (III) - sub tuberculii cvadrigemeni
- n. patetic (IV), în pedunculii cerebrali, posterior n. III.
- n. oculomotor extern (VI), în planşeul ventriculului IV. ①

Reflexele oculomotorii se mai numesc şi fotomotorii, deoarece au ca punct de plecare stimularea luminoasă. Există 3 tipuri de reflexe oculomotorii, care se desfăşoară obligatoriu în ordinea:

- *reflexe de orientare* (de direcţie) - au ca efect orientarea capului sau a întregului corp spre sursa luminoasă şi rotirea ochilor în sens invers;
- *reflexe de convergenţă* - au ca efect convergenţa axelor optice ale celor doi ochi (dacă sunt situaţi frontal), astfel încât să se formeze câte o imagine clară pe foveea corespunzătoare fiecărui ochi. Există un reflex oculorotator intern, când se fixează o imagine comună cu ambii ochi; un reflex oculorotator extern, când se fixează un obiect îndepărtat care se apropie treptat.
- *reflexele de acomodare* - au ca efect acomodarea cristalinului prin activitatea muşchilor ciliari, dar şi acomodarea pupilară prin activitatea muşchilor irisului. Fixarea obiectelor apropiate determină bombarea cristalinului şi concomitent micşorarea pupilei; fixarea obiectelor îndepărtate determină aplatizarea cristalinului şi în acelaşi timp dilatarea pupilei. ②

Toate reflexele oculare desfăşurate în ordinea: orientare, fixare, acomodare, sunt dependente de activitatea motorie corticală.

In afară de lumină, există şi alţi stimuli care antrenează reflexele oculare: zgomotul, stimulii tactili, stimulii olfactivi.

Mişcările ochilor sunt importante nu numai pentru realizarea vederii, ci şi pentru menţinerea posturii şi echilibrului. ①

① Succesiunea reflexelor oculomotorii:

Reflexe de orientare: orientarea capului spre sursa de lumină

Reflexe de convergenţă: fixarea unui obiect cu ambii ochi

Reflexe de acomodare (dioptrică şi pupilară):
- vederea obiectelor apropiate (reflex parasimpatic): bombarea cristalinului şi constricţia pupilei;
- vederea obiectelor îndepărtate (reflex ortosimpatic): aplatizarea cristalinului şi dilatarea pupilei

Adaptarea ochiului la variaţia cantităţii de lumină

Trecerea de la lumină la întuneric şi invers presupune un proces complex de adaptare, la care participă modificarea diametrului pupilar, pe de o parte, şi variaţia cantităţii de fotopigment, pe de altă parte. ⓪

Scanned with OKEN Scanner

Adaptarea la mediul puternic luminat se face prin reflexul de mioză (pupilo-constrictor) şi prin reducerea cantităţii de rodopsină. Lumina puternică de la început determină descompunerea unei cantităţi mari de rodopsină. Concentraţia acesteia scade treptat, scade şi cantitatea de lumină care pătrunde în globul ocular. La început imaginile sunt suprapuse; vederea devine normală când concentraţia de rodopsină este în echilibru cu cantitatea de lumină disponibilă.①

Reflexul pupilo-constrictor (mioza) este un reflex vegetativ parasimpatic. Receptorul este retina, stimulată de lumina puternică. Calea aferentă este reprezentată de nervul optic (axoni ai celulelor ganglionare de la retină la tuberculii cvadrigemeni anteriori), iar centrul nervos este nucleul ocular parasimpatic Edinger-Westphal. Tuberculii cvadrigemeni anteriori sunt interconectaţi cu nucleul ocular prin interneuroni. Calea eferentă este reprezentată de fibre parasimpatice incluse în n. III, care se întrerup în ganglionul ciliar; de aici pornesc nervii ciliari scurţi care se distribuie m. circulari ai irisului.②

Adaptarea la mediul relativ întunecat se face prin reflexul dilatator pupilar (midriază) şi creşterea concentraţiei de rodopsină în celulele cu bastonaşe. Are loc astfel o reacţie maximă la lumina disponibilă. ①

La unele animale (pisică, câine, cal, rumegătoare) există un strat intern al coroidei - *tapetum lucidum*, care reflectă lumina pătrunsă în ochi, astfel încât celulele fotoreceptoare sunt stimulate de două ori, la pătrunderea luminii şi la ieşirea ei. Vederea este astfel mai bună chiar în lumină slabă. Datorită luminii reflectate, care parcurge drumul în sens invers, ochii lucesc (licăresc) în întuneric. ②

Reflexul pupilo-dilatator (midriaza) este un reflex vegetativ ortosimpatic. Receptorul este retina, calea aferentă este nervul optic până la tuberculii cvadrigemeni anteriori. De aici un interneuron face legătura cu măduva spinării -centrul cilio-spinal din segmentele T_1-T_2. Calea eferentă este reprezentată de axonii neuronilor medulari incluşi în conectivul simpatic cervical şi neuronii ganglionului cervical superior; axonii acestor neuroni formează nervii ciliari lungi care se distribuie muşchiului dilatator al irisului.②

Spre deosebire de celelalte reflexe oculare, reflexele pupilare nu trec prin cortex; ele persistă la animalul decorticat. ①

Acţiunea luminii asupra unui singur ochi antrenează mioza bilaterală (constricţia pupilei ambilor ochi). In acest caz se produce atât *reflexul pupilar direct*, cât şi *reflexul pupilar indirect* (reflex consensual). Reflexul se închide în nucleul Edinger-Westphal şi nu antrenează cortexul, ci se datorează încrucişării parţiale a fibrelor celor doi nervi optici, la nivelul chiasmei optice. Reflexul consensual se produce chiar dacă ochiul nu vede. Pupila ochiului orb are aceleaşi variaţii de diametru ca şi a ochiului sănătos.①

Structurile accesorii ale ochiului şi funcţiile lor

Pleoapele, inferioară şi superioară sunt structuri de protecţie a ochiului. Ochii se închid prin contracţia m. orbicularul pleoapelor (inervat de ramură din

Scanned with OKEN Scanner

n. facial) şi se deschid prin contracţia m. ridicător al pleoapei superioare (inervat de ramură din oculomotor comun). ②

In caz de pericol sau prin atingerea uşoară a corneei se produce *reflexul corneean de clipire* (vezi reflexele trunchiului cerebral). ①

Conjunctiva este o membrană care căptuşeşte pleoapele şi se răsfrânge peste globul ocular, dând naştere *sacului conjunctival* - rezervorul lacrimilor şi totodată locul de aplicare a medicamentelor oculare. ②

Glanda lacrimală, localizată dorsal de globul ocular, asigură secreţia lacrimilor care sunt transportate în sacul conjunctival, de unde sunt drenate în cavitatea nazală. Ochii sunt permanent umeziţi de un film lacrimal pentru a menţine globul ocular curat, fără substanţe străine. Filmul lacrimal este refăcut de câte ori pleoapele se închid. El include şi secreţia vâscoasă a glandelor Meibomius localizate în lungul marginii pleoapelor, precum şi secreţia celulelor mucoase ale conjunctivei (conţine mucină şi lizozim - enzimă bacteriostatică).②

Pleoapa a III-a (membrana nictitantă) este un pliu al conjunctivei, localizat ventro-medial. Este prezentă la animale, foarte dezvoltată la câine, mobilă şi poate acoperi faţa anterioară a corneei. Obişnuit ea este retrasă în unghiul intern al ochiului. Devine proieminentă când se contractă toţi muşchii globului ocular (semn clinic în intoxicaţia cu stricnină sau în tetanos). Pe faţa internă prezintă o glandă care contribuie la formarea filmului lacrimal şi o serie de noduli limfatici. La câine, prin inflamaţia acestor noduli, pleoapa a III-a devine roşie şi evidentă. ②

Analizatorul olfactiv

⓪ Clasificarea animalelor după gradul de dezvoltare a olfacţiei:

Macrosmatice: câinele, căprioara, calul, etc.

Microsmatice: păsările, primatele

Anosmatice: mamiferele acvatice

Olfacţia este capacitatea organismului de a percepe mirosul substanţelor din mediul înconjurător. La animale, simţul mirosului joacă rol fundamental în comportamentul alimentar şi sexual şi contribuie la declanşarea unor reacţii de apărare şi orientare.⓪

In funcţie de gradul de dezvoltare a simţului mirosului, animalele se clasifică în trei grupe :

- animale *macrosmatice* (cu mirosul foarte dezvoltat): câinele, căprioara, calul, vaca, iepurele, şoarecele, animalele de pradă;
- animale *microsmatice* (cu mirosul slab dezvoltat): păsările şi primatele (inclusiv omul);
- animale *anosmatice* (fără miros): mamiferele acvatice (balena, delfinul).⓪

Senzaţiile olfactive sunt greu de clasificat, fiind foarte variate. Se consideră că ar exista 7 mirosuri primare: de camfor, de mosc, floral, mentolat, eteric, înţepător şi putrid. ①

Scanned with OKEN Scanner

Segmentul periferic al analizatorului olfactiv

⓪ Segmentul periferic (mucoasa olfactivă):

Celulele olfactive = neuroni bipolari

Segmentul periferic al analizatorului olfactiv este reprezentat de mucoasa olfactivă, care ocupă o anumită suprafață din mucoasa cavităților nazale (de exemplu, la câine 70 cm^2, la om 5 cm^2). Celulele senzoriale olfactive constituie ele însele protoneuronul căii olfactive. In decursul evoluției, aceste celule au rămas localizate periferic, nu au migrat central, mirosul fiind considerat simțul cel mai primitiv. Printre celulele senzoriale se găsesc și celule de susținere. ①

O celulă senzorială olfactivă este un neuron bipolar. Prelungirea dendritică urcă printre celulele de susținere și se ramifică la suprafața mucoasei olfactive, formând cilii olfactivi, care sunt înglobați într-un mucus secretat de glandele nazale. ①

⓪ Neuronii căii olfactive:

Primul neuron:
- neuronul bipolar din mucoasa olfactivă

Al doilea neuron:
- celulele mitrale din bulbul olfactiv

Substanțele odorante - substanțe volatile mirositoare - pătrund în cavitățile nazale odată cu aerul inspirat (adulmecarea favorizează perceperea mirosului datorită deplasării aerului înainte și înapoi în cavitățile nazale). Percepția olfactivă necesită dizolvarea substanțelor odorante în stratul de mucus al mucoasei olfactive. Substanțele odorante, prin legarea lor de proteinele receptoare ale cililor olfactivi, reprezintă stimulul chimic al celulelor olfactive. In celulele olfactive ia naștere potențialul de receptor care determină generarea semnalelor olfactive specifice. ②

Căile de conducere și segmentul central al analizatorului olfactiv

⓪ Segmentul intermediar (calea de conducere):

Perechea de nervi cranieni:
I (n. olfactiv) – axonii neuronilor bipolari

Axonii protoneuronilor (celulelor senzoriale olfactive) se unesc și dau naștere *nervului olfactiv* (*perechea I de nervi cranieni*). O trăsătură neobișnuită a analizatorului olfactiv este că neuronii senzitivi (celulele senzoriale) fac sinapsă direct cu neuronii telencefalului, fără a exista o analiză precedentă a informațiilor în centrii encefalici inferiori. Fibrele nervului olfactiv străbat lama ciuruită a etmoidului și fac sinapsă cu *celulele mitrale* din *bulbul olfactiv* al rinencefalului (porțiunea antero-ventrală a emisferelor cerebrale). ①

Sinapsa dintre celula olfactivă și celula mitrală este o sinapsă complexă care constituie *glomerulii olfactivi*. La câine, animal macrosmatic, mesajele provenite de la o singură celulă olfactivă se transmit spre segmentul central prin 5-6 celule mitrale, iar la păsări, care sunt animale microsmatice, mesajele provenite de la aproximativ 60 celule olfactive se transmit printr-o singură celulă mitrală. ②

⓪ Segmentul central:

Rinencefal:
Aria olfactivă primară
(în tuberculii olfactivi)

Cortex:
Aria olfactivă secundară
(în lobul frontal)

Axonii celulelor mitrale formează tractusul olfactiv care se termină în ariile olfactive situate în numerose alte structuri ale rinencefalului (*tuberculii olfactivi*, *hipocamp*). O parte din neuronii ariilor olfactive primare realizează conexiuni cu neuronii cortexului frontal, unde are loc integrarea completă a semnalelor olfactive (discriminarea mirosurilor). ①

Scanned with OKEN Scanner

Importanța olfacției la animale

Mirosul este utilizat în lumea animalelor pentru comunicare. Majoritatea animalelor dispun de glande cutanate, cu localizare specifică, care eliberează substanțe chimice cu miros specific. Secrețiile chimice care influențează comportamentul animalelor din cadrul aceleiași specii sunt denumite *feromoni*. ②

Feromonii reprezintă "limbajul" animalelor, folosit pentru:
- marcarea teritoriului și a granițelor acestuia;
- recunoașterea indivizilor din aceeași colectivitate (turmă, cuib);
- emiterea alarmei;
- atragerea indivizilor de sex opus. ②

Glandele specifice care secretă feromoni sunt: *glandele prepuțiale* la cal, porc, rozătoare; *glandele interdigitale* la ovine; *glandele tarsale* și *cornuale* la capră; *glandele perianale* la câine si iepure; *glandele peribucale* și *glandele localizate pe frunte* la pisică (pisica "marchează" persoanele și obiectele cu care vine în contact prin frecarea capului de acestea). ②

Perturbarea simțului mirosului este cunoscută sub denumirea de *anosmie* și apare mai ales în cazul compresiunii tumorale asupra nervilor olfactivi. ③

Analizatorul gustativ

⓪ Senzații gustative primare:

Sărat: - cloruri
Dulce - glucide
Acru - ioni de H^+
Amar - alcaloizi

Gustul la animale are importanță in aprecierea calitatii alimentelor ingerate si in distingerea substantelor folositoare de cele daunatoare. ⓪
Se cunosc patru senzații gustative primare: sărat, dulce, amar și acru. ⓪
Gustul sărat este dat de cloruri, ioduri, bromuri (anionii de Cl^-, I^-, Br^-).
Gustul dulce este dat de glucide, dar și de unele săruri (de Pb).
Gustul acru este dat de ionii de H+ din substanțele acide.
Gustul amar este dat de substanțele alcaloide prezente în plantele otrăvitoare și în medicamente: cofeină, nicotină, stricnină. ①

Receptorii senzoriali ai gustului

⓪ Receptorii gustativi:

Mugurii gustativi: localizați în limbă, văl palatin, epiglotă, faringe

Receptorii senzoriali ai gustului sunt *mugurii gustativi*. ⓪
Majoritatea mugurilor gustativi sunt situați pe limbă, dar se găsesc în număr mai redus și pe vălul palatin, epiglotă, faringe și porțiunea anterioară a esofagului. ⓪

Mugurii gustativi sunt grupați în papile gustative. Acestea pot fi: fungiforme, foliate și circumvalate. ⓪

Papilele fungiforme (de forma ciupercilor) ocupă 2/3 din porțiunea anterioară a limbii. Mugurii gustativi ai acestor papile răspund la substanțele

Scanned with OKEN Scanner

dulci şi sărate, şi mai puţin la acru. Ei primesc ramificaţii senzitive din nervul coarda timpanului, care este o ramură a nervului facial (VII). ①

Papilele foliate sunt situate în treimea posteroară a limbii. Mugurii lor gustativi sunt sensibili în principal la substanţele acide. ①

Papilele circumvalate sunt formaţiuni mari, rotunde, înconjurate de un sanţ în care se găseşte o secreţie produsă de *glandele Ebner* (glande strâns ataşate de musculatura limbii). Aceste papile sunt situate în partea posterioară a limbii şi răspund la substanţele amare. Papilele foliate şi circumvalate primesc ramificaţii senzitive din nervul glosofaringian (IX). Mugurii gustativi din faringe, laringe, esofag primesc inervaţia senzitivă a nervului vag (X).①

Un *mugure gustativ* este alcătuit din numeroase *celule senzoriale gustative* aflate în asociaţie cu celule de susţinere şi celule bazale.

Celulele gustative sunt permanent înlocuite prin diferenţierea celulelor bazale. La polul apical, fiecare celulă gustativă prezintă cili care proiemină într-un *por gustativ* prin care ei vin în contact cu saliva sau cu secreţia *glandelor Ebner*. Cilii celulelor gustative au pe suprafaţa lor proteine receptoare care recunosc substanţele chimice din alimente. La polul bazal al celulelor gustative se ramifică terminaţiile nervoase senzitive.①

O condiţie absolut necesară perceperii gustului este *solubilizarea substanţelor chimice* din alimente în salivă sau secreţia glandelor Ebner. Astfel, o substanţă este sapidă (poate fi gustată) dacă este hidrosolubilă. Substanţele insolubile sunt insipide (fără gust). După dizolvare, substanţele sapide interacţionează cu proteinele receptoare ale cililor celulelor gustative. Ca urmare a acestei interacţiuni, celulele gustative se depolarizează şi apare potenţialul de receptor, capabil să genereze semnale gustative.①

⓪ Neuronii căii gustative:

Primul neuron:
- în ganglionul geniculat al n. VII
- în ganglionul pietros al n. IX
-în ganglionii nodos şi jugular ai n. X

Al doilea neuron:
în nucleul tractusului solitar din bulb

Al treilea neuron:
- în talamus

Calea de conducere şi segmentul central al analizatorului gustativ

Fibrele senzitive care deservesc mugurii gustativi provin din nervii cranieni VII (facial), IX (glosofaringian) şi X (vag). Primul neuron se află într-un ganglion senzitiv situat pe traiectul nervilor corespunzători: *ganglionul geniculat* al n. VII; *ganglionul pietros* al n. IX şi *ganglionii nodos şi jugular* ai n. X. ①

⓪ Segmentul central:

Cortex (lobul parietal):
Aria somestezică - zona de proeicţie a limbii.

Axonii protoneuronilor căii gustative pătrund în bulbul rahidian şi fac sinapsă cu al doilea neuron situat în *nucleul tractusului solitar*. Fibrele ascendente merg predominant homolateral (de aceeaşi parte) până în talamus, unde se află al treilea neuron. ①

Neuronii talamici proiectează în cortexul cerebral *(lobul parietal)*, în *aria somatosenzitivă corespunzătoare limbii* şi celorlalte regiuni gustative.①

Scanned with OKEN Scanner

Evaluarea simțului gustului

Evaluarea simțului gustului la animale se bazează pe *testul preferențial*. Răspunsurile sunt împărțite în: plăcere, neplăcere și indiferență. Există variații ale gustului de la o specie la alta, dar și variații individuale în cadrul aceleiași specii. ①

Temperatura apei și a hranei influențează puternic percepția gustativă. Influența temperaturii apei asupra gustului s-a studiat la păsări. Apa caldă (cu numai 5°C mai mult decât temperatura corpului - 42°C) este respinsă de păsările domestice; acestea acceptă mai degrabă apa sub temperatura înghețului.②

Absența în hrana animalelor a unor substanțe minerale conduce la *pervertirea gustului* - ele vor consuma materiale necomestibile (materii fecale, fire de păr, var, etc.). Pervertirea gustului este cunoscută în clinică sub denumirea de *pică*.②

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 4

Fiziologia mușchiului

Organul principal de executie a functiilor de relatie sau vegetative este muschiul (scheletic, cardiac si neted).

Organizarea țesutului muscular

Motricitatea (activitatea motorie) a organismului animal nu este de conceput fără existența unui țesut specializat în realizarea mișcării - *țesutul muscular*. Atât funcțiile de relație, cât și funcțiile vegetative implică fenomene motorii care asigură, pe de o parte poziția normală și deplasarea organismului în totalitate sau reacția reflexă a unor părți ale corpului, iar pe de altă parte umplerea, golirea sau mișcarea unor organe interne (tub digestiv, inimă, vase de sânge, etc.). ⓪

Țesutul muscular în totalitate reprezintă aproximativ 50 % din greutatea corpului.

În organism se găsesc trei tipuri de mușchi: mușchiul scheletic, mușchiul cardiac și mușchiul neted. ⓪

⓪ Tipuri de mușchi:

Mușchi scheletic: structurează corpul, fiind inserați pe schelet

Mușchi cardiac: structurează peretele inimii

Mușchi neted: structurează pereții organelor interne cavitare sau tubulare

Mușchiul scheletic reprezintă cea mai mare parte a masei musculare a corpului (40 % din greutatea corpului). ⓪

Mușchii scheletici structurează corpul în totalitate, fiind inserați pe schelet (de aici și denumirea de mușchi scheletici). ⓪

Celulele musculare scheletice sunt fibre lungi, care se întind pe toată lungimea mușchiului, prezentând nuclei multipli la periferie. Prin vizualizare microscopică, fibrele musculare scheletice au aspect striat, datorită alternării benzilor clare și întunecate. Fibrele unui mușchi sunt net separate unele de altele prin țesut conjunctiv, astfel încât potențialele de acțiune nu se transmit de la o fibră la alta. În fiecare fibră musculară scheletică, influxul nervos este transmis printr-o sinapsă neuro-musculară proprie situată în mijlocul fibrei respective. Mușchiul scheletic se află sub controlul SN somatic. ①

Contracția mușchilor scheletici asigură postura și locomoția.

Scanned with OKEN Scanner

In general, efectele contracției musculare scheletice se evidențiază la o oarecare distanță de zona unde sunt localizați mușchii respectivi. Mușchii scheletici acționează asupra părții corpului care va fi supusă mișcării. Pentru aceasta, un capăt al mușchiului trebuie să fie ancorat pe o parte stabilă a corpului, iar celălat capăt este atașat la partea mobilă. De aceea, în descrierea anatomică a unui mușchi, se vorbește de inserția fixă și inserția mobilă a mușchiului. De regulă, un mușchi are inserția fixă pe un os și inserția mobilă pe alt os, trecând peste o articulație. Fiecare articulație este acoperită cu câte un grup de mușchi pe ambele fețe, pentru micșorarea unghiului articular (flexie) sau pentru mărirea unghiului articular (extensie). ①

Există și mușchi adductori, care aduc membrele în plan medial și mușchi abductori, care îndepărtează membrele de planul medial. De asemenea, există mușchi striați scheletici care joacă rol de sfincter - structuri circulare care închid orificiile corpului.①

Mușchiul cardiac se întâlnește numai în structura inimii; el formează peretele inimii.

Celulele mușchiului cardiac sunt alungite, dar mai scurte și prezintă un singur nucleu așezat central. Examinarea microscopică evidențiază aceleași striații ca si la mușchiul scheletic. Spre deosebire de fibrele musculare scheletice, fibrele cardiace se anastomozează între ele. Suprafața unde o celulă musculară cardiacă se anastomozează cu alta are aspect neregulat și se numește disc intercalar. Această zonă este o structură înalt specializată care facilitează transmiterea rapidă a influxului nervos de la o celulă la alta.©

Mușchiul cardiac se află sub controlul SN vegetativ. Dar fibrele nervoase vegetative nu realizează sinapse neuro-musculare cu fiecare celulă musculară cardiacă, ca în cazul mușchiului scheletic. Mușchiul cardiac primește stimuli de la un "*pacemaker*" local. Acest pacemaker este o formațiune specializată a inimii, alcătuită din fibre musculare de tip embrionar care au proprietatea de a elabora spontan potențiale de acțiune. SNV reglează activitatea acestei structuri specializate. Potențialele de acțiune, odată generate se transmit prin discurile intercalare întregului miocard. Astfel, mușchiul cardiac este considerat un *sincitiu funcțional*. Pacemaker-ul cardiac este cunoscut ca țesut excitoconducător al inimii, care asigură automatismul cardiac.

Contracția mușchiului cardiac este o contracție mai mult circulară, în comparație cu contracția mai mult liniară a mușchiului scheletic. Prin contracție, sângele din cavitățile cardiace este compresat și împins în artere (golirea inimii).①

Mușchiul neted formează pereții organelor interne cavitare și tubulare.

Celulele musculare netede sunt mici, fusiforme și au un singur nucleu așezat central. Se caracterizează prin absența striațiilor (de unde și denumirea de mușchi neted). Celulele musculare netede se aranjează una lângă alta în

Scanned with OKEN Scanner

dreptunghiuri rulate în tuburi, benzi, inele (sfincter). Celule sunt unite prin jonctiuni de tip GAP și funcționează ca un sincitiu. ①

Mușchii netezi se află sub controlul SNV. Fibrele nervoase vegetative formează rețele la suprafața mușchiului, fără a intra în contact direct cu fibrele musculare. Există și fibre musculare netede - mușchii ciliari, ai irisului, ai vaselor de sânge - care prezintă legături sinaptice tipice cu fibrele nervoase vegetative. ①

Ca și mușchiul cardiac, unii mușchi netezi dispun de celule de tip *pacemaker* generatoare de potențiale de acțiune. ①

Contracția mușchilor netezi determină micșorarea lumenului organului și presiunea asupra conținutului.

Fiziologia sistemului musculo-scheletic

Sistemul musculo-scheletic al corpului este reprezentat de oase, articulații și mușchi scheletici.

Oasele asigură rigiditatea întregului organism. Din unirea lor prin intermediul articulațiilor ia naștere scheletul. Articulațiile și mușchii asigură mobilitate scheletului. Acest capitol studiaza doar fiziologia muschiului scheletic.

Macrostructura mușchiului scheletic

Fiecare mușchi este alcătuit dintr-un număr variat de celule musculare (obișnuit numite fibre musculare), țesut conjunctiv, vase și nervi. ⓪

Fibrele musculare scheletice sunt fibre de tip striat. In funcție de conținutul lor în mioglobină, ele se împart în două categorii: fibre roșii și fibre albe. *Fibrele musculare roșii* au conținut ridicat de mioglobină; contractia lor este lentă, dar de lungă durată, iar oboseala musculară se instalează tardiv. *Fibrele musculare albe* au un conținut redus în mioglobină; contractia lor este rapidă, de scurtă durată, iar oboseala musculară se instalează imediat. ①

Majoritatea mușchilor scheletici sunt un amestec de fibre roșii și fibre albe, dar la unele animale predomină fibrele roșii, iar la altele fibrele albe. De exemplu, la porumbel, mușchiul pectoral are fibre roșii, corelându-se cu capacitatea de zbor susținut a acestei specii de păsări; la găină, mușchiul pectoral conține fibre albe (găina fiind specie nezburătoare). ②

⓪ **Tipuri de fibre musculare:**

Fibre musculare roșii (bogate în mioglobină): contracție lentă, susținută, oboseală tardivă

Fibre musculare albe (sărace în mioglobină): contracție rapidă, scurtă, oboseală imediată

Scanned with OKEN Scanner

Ⓞ Tesutul conjunctiv al mușchiului:

Epimisium
acoperă mușchiul

Perimisium
acoperă un fascicul de fibre musculare

Endomisium
înconjoară o fibră musculară

Țesutul conjunctiv al mușchiului înconjoară fiecare fibră musculară în parte (*endomisium*), un fascicul de fibre (*perimisium*) sau mușchiul în totalitate (*epimisium*). Epimisium-ul se continuă la capetele mușchiului cu tendoanele sau aponevrozele (sistemul de ancorare a mușchiului pe schelet). ①

Vascularizația mușchiului este foarte bogată, țesutul muscular fiind aprovizionat permanent cu sânge oxigenat, bogat în substanțe nutritive necesare proceselor metabolice, dar, în același timp, fiind debarasat de resturile metabolice. ①

Inervația mușchiului. Mușchiul este organul periferic care acționează numai sub comandă nervoasă. El dispune de o bogată inervație reprezentată de fibre senzitive, motorii și vegetative. *Inervația senzitivă* este reprezentată de fibrele aferente care conduc informația proprioceptivă de la receptorii musculari la SNC. *Inervația motorie* este reprezentată de fibrele eferente provenite de la neuronii motori alfa și gama din măduva spinării și din trunchiul cerebral. *Inervația vegetativă* este reprezentată de fibre nervoase ortosimpatice care constituie plexuri vasculare la nivelul vaselor de sânge care irigă mușchii. ①

Ⓞ Elementele funcționale ale fibrei musculare:

-Miofibrila : succesiune de sarcomere

- Sistemul sarco-tubular: tubi T și RS

- Sinapsa neuro-musculară

Microstructura mușchiului scheletic

Fiecare fibră muscualară are trei elemente funcționale: miofibrila, sistemul sarco-tubular și sinapsa neuro-musculară. Ⓞ

Miofibrila.

O fibră musculară conține sute sau mii de miofibrile. Fiecare miofibrilă este divizată în unități repetitive numite *sarcomere*, delimitate prin *liniile (discurile) Z*. Sarcomerul este unitatea contractilă de bază a mușchiului scheletic. Ⓞ

Un sarcomer conține filamente proteice (de actină și miozină) care au un aranjament caracteristic. *Filamentele de actină* sunt subțiri, aranjate periferic la cele două capete ale sarcomerului, iar *filamentele de miozină* sunt groase, fiind dispuse în centrul sarcomerului, parțial suprapuse peste filamentele de actină. ①

Ⓞ Sarcomerul (unitatea contractilă a mușchiului):

Delimitat de 2 linii Z

Alcătuit din:
- filamente subțiri de actină la periferie
- filamente groase de miozină central

- *Filamentele subțiri de actină* conțin, în afară de molecule de actină, și două tipuri de proteine reglatoare: tropomiozina și troponina. Tropomiozina acoperă situsurile active ale actinei, iar troponina are afinitate deosebită pentru ionii de calciu. ①

- *Filamentele groase de miozină* conțin molecule de miozină. Fiecare moleculă miozinică are cap, gât și coadă. Capul și gâtul miozinei sunt orientate spre exterior, formând puntea transversală ce leagă miozina de actină. ①

La microscopul optic, fibra musculară scheletică are aspect striat caracteristic, datorită succesiunii de *benzi clare I* (izotrope) și *întunecate A* (anizotrope). Benzile clare sunt date de filamentele subțiri; la mijloc ele sunt

Scanned with OKEN Scanner

traversate de un disc întunecat (linia Z). Benzile întunecate sunt date de filamentele de miozină; în mijlocul lor se află o bandă clară numită banda H. ①

Sistemul sarco-tubular .

La exteriorul miofibrilelor, se găseşte o reţea de tubuli, care constituie sistemul sarco-tubular. Tubulii aranjaţi paralel cu miofibrilele constituie *reticulul sarcoplasmatic* al fibrei musculare, iar cei aranjaţi transversal alcătuiesc *tubii transversi sau tubii T*, care se deschid la exteriorul fibrei musculare. Fiecare sarcomer are doi tubi T între care se găsesc tubulii reticulului sarcoplasmatic. Tubul T are rolul de a conduce influxul nervos de la exteriorul fibrei musculare în interiorul acesteia, iar reticulul sarcoplasmatic descarcă ionii de calciu necesari contracţiei musculare. ①

Sinapsa neuro-musculară.

Fiecare fibră musculară scheletică are la mijlocul ei o îngroşare caracteristică - locul de legătură cu o terminaţie nervoasă motorie. Această joncţiune dintre butonul terminal şi fibra musculară se numeşte sinapsă neuro-musculară (placă motorie). Funcţionarea ei a fost deja prezentată într-un capitol anterior (Sistemul nervos somatic). ①

Proprietatile muschiului scheletic

⓪ Proprietăţile muşchiului:

Elasticitatea: proprietatea de a se alungi şi de a reveni la lungimea iniţială

Excitabilitatea: proprietatea de a reacţiona prin contracţie la acţiunea stimulilor

Contractilitatea proprietatea de a se scurta şi de a dezvolta o tensiune la extremităţi

Tonusul muscular proprietatea de a dezvolta tensiune fără scurtare în repaus

Proprietatile muschiului scheletic sunt:
- elasticitatea;
- excitabilitatea;
- contractilitatea;
- tonusul muscular. ⓪

Elasticitatea musculară

Prin elasticitate musculară se înţelege proprietatea muşchiului de a se opune deformărilor, alungindu-se limitat şi revenind la forma iniţială când forţa deformantă încetează să acţioneze. ⓪

Baza structurală a elasticităţii musculare include :
- elasticitatea ţesutului conjunctiv al muşchiului;
- elasticitatea sarcolemei (membranei) fibrei musculare;
- elasticitatea sistemului de tubuli longitudinali ai reticulului sarcoplasmatic;
- elasticitatea punţilor transversale ale filamentelor miozinice. ①

Elasticitatea muşchiului depinde de prezenţa ATP-ului; epuizarea acestuia conduce la instalarea rigidităţii musculare. Este cunoscut faptul că rigiditatea cadaverică (*rigor mortis*) se instalează imediat dacă depozitele de ATP au fost consumate printr-un efort fizic înainte de moarte (vânat fugărit). ②

Importanţa elasticităţii musculare constă în transformarea contracţiei musculare dintr-un proces sacadat într-un proces continuu; de asemenea,

Scanned with OKEN Scanner

elasticitatea are rol de amortizare şi de evitare a rupturilor musculare în timpul contracţiilor bruşte. ①

Excitabilitatea musculară

Prin excitabilitate musculară se înţelege proprietatea muşchiului de a reacţiona specific, prin contracţie, la acţiunea agenţilor excitanţi. ⓪

Declanşarea stării de excitaţie în fibra musculară se realizează prin descărcarea de influxuri nervoase din motoneuroni sau prin excitarea nemijlocită a formaţiunilor musculare. Transmiterea mesajului motor de la centrii nervoşi poate fi împiedicată prin blocarea sinapsei neuro-musculare (inhibarea eliberării acetilcolinei de către toxina botulinică, de exemplu). ①

Pentru o fibră musculară izolată este valabilă legea *"tot sau nimic"*, răspunsul minim fiind în acelaşi timp şi răspuns maxim (în momentul atingerii pragului de excitabilitate, o singură fibră musculară reacţionează cu toată forţa ei). ①

Muşchiul în totalitate însă nu se supune legii "tot sau nimic", deoarece fibrele musculare care intră în structura lui au prag de excitabilitate diferit şi reacţionează la excitanţi de intensităţi diferite. Fibrele cele mai excitabile, cu prag de excitabilitate scăzut, răspund primele, apoi intră în activitate, pe rând, şi celelalte fibre, pe măsura creşterii intensităţii agentului excitant sau a frecvenţei impulsurilor nervoase. Se vorbeşte în acest caz de o *gradare a efectului mecanic al contracţiei*, explicabilă prin excitabilitatea heterogenă pe care o au fibrele musculare care alcătuiesc un muşchi. ①

In cazul comenzilor motorii, răspunsul gradat se explică prin intrarea pe rând în activitate a unităţilor motorii, în funcţie de numărul de neuroni motori stimulaţi pe cale descendentă de la centrii nervoşi superiori. ①

Contractilitatea musculară

Contractilitatea este capacitatea muşchiului de a se scurta şi de a dezvolta o tensiune la extremităţile sale. ⓪

In organism, contracţia unui muşchi trece prin următoarele trei faze: faza de contracţie izometrică; faza de contracţie izotonică şi faza de contracţie auxotonică. ⓪

Faza de *contracţie izometrică* se caracterizează prin punerea în tensiune a muşchiului, fără scurtarea acestuia. Tensiunea dezvoltată în acest moment este de mare utilitate pentru organism: menţinerea poziţiei normale a corpului în spaţiu prin contracţia izometrică a muşchilor antigravitaţionali; zdrobirea alimentelor folosind tensiunea dezvoltată de muşchii masticatori etc. ①

Faza de *contracţie izotonică* se caracterizează prin scurtarea muşchiului sub tensiune constantă. ①

Scanned with OKEN Scanner

Contracţia auxotonică este o manifestare funcţională intermediară şi constă în scurtarea limitată a muşchiului şi creşterea progresivă a tensiunii dezvoltate la extremităţi.①

Efectul mecanic al contracţiei musculare

În funcţie de frecvenţa cu care acţionează stimulii asupra muşchiului sau de frecvenţa de descărcare a motoneuronilor, efectul mecanic al contracţiei musculare poate fi secusa sau tetanosul. ⓪

⓪ Secusa

Forma elementară de contracţie

Răspunsul muşchiului la acţiunea unui singur stimul

Secusa este răspunsul muşchiului la acţiunea unui singur stimul; este forma elementară de contracţie. Orice secusă parcurge trei perioade: perioada de latenţă, perioada de contracţie propriu-zisă şi perioada de relaxare. ⓪

Perioada de latenţă corespunde timpului scurs din momentul aplicării excitantului până la apariţia contracţiei. În această perioadă se desfăşoară fenomenele electro-chimice necesare cuplării excitaţiei cu contracţia. În momentul aplicării excitantului, are loc transferul transmembranar de ioni, apare starea de depolarizare şi se declanşează apoi un potenţial de acţiune, care se propagă în lungul fibrei musculare, dar şi în interiorul acesteia prin tubii transverşi. Revenirea la potenţialul de repaus este extrem de rapidă, astfel că în momentul începerii contracţiei, potenţialul de acţiune este deja încheiat (are o durată de 1-2 milisecunde). Astfel, se poate spune că fenomenele electrice preced contracţia propriu-zisă şi coincid cu perioada de latentă a secusei.①

Contracţia prorpiu-zisă constă în scurtarea vizibilă a muşchiului, iar *relaxarea* constă în revenirea imediată la starea de repaus. În totalitate, secusa muşchiului scheletic are o durată de 10-15 sutimi de secundă (0,10-0,15 s).①

⓪ Tetanosul fiziologic

O contracţie susţinută rezultată din fuziunea mai multor secuse

Răspunsul muşchiului la acţiunea unei salve de impulsuri

Tetanosul muscular fiziologic. În organism, secusele sunt rare, deoarece în SNC, o singură excitaţie se transformă într-o salvă de influxuri nervoase. Rezultatul acţiunii mai multor stimuli asupra muşchiului este o contracţie prelungită, puternică cunoscută sub numele de *tetanos muscular*. Cu alte cuvinte, tetanosul muscular este o fuziune de secuse.⓪

Dacă frecvenţa de stimulare a muşchiului este suficient de mare (excitaţiile se repetă la intervale extrem de scurte), astfel ca stimulul următor să găsească muşchiul în perioada de contracţie a secusei anterioare, se obţine un *tetanos complet*, care are o fază de platou continuu. Dacă însă, frecvenţa de excitare este mai mică, excitaţiile repetându-se astfel ca ele să sosească în perioada de relaxare a contracţiei anterioare, se obţine un *tetanos incomplet*, care are o fază de platou cu aspect ondulat (dinţat) (vezi lucrările practice).①

Tensiunea dezvoltată în cazul contracţiei tetanice este de 4-5 ori mai mare decât cea din cursul unei secuse. ①

Tonusul muscular

În organism, chiar şi în repaus, muşchii se găsesc într-o uşoară stare de tensiune, de semicontracţie sau contracţie izometrică, numită tonus muscular.⓪

Scanned with OKEN Scanner

Mecanismul menţinerii tonusului muscular este neuro-reflex, fiind dependent de motoneuronii din măduva spinării. Consumul energetic pentru asigurarea tonusului muscular este minim, deoarece necesită un număr redus de unităţi motorii, care intră pe rând în activitate, prin rotaţie. ①

Tonusul muscular al muşchilor antigravitaţionali (extensori) are mare importanţă în menţinerea poziţiei normale a corpului în spaţiu, de unde şi denumirea de *tonus postural*. In realizarea tonusului postural intervin reflexele medulare miotatice. Atunci când forţa gravitaţiei acţionează în sensul închiderii unghiurilor articulare, muşchii extensori se alungesc. Alungirea muşchilor extensori determină întinderea fusurilor neuro-musculare şi excitarea proprioceptorilor din tendoane. Inervaţia senzitivă a m. extensori conduce informaţia la neuronii motori alfa din măduvă, care determină pe cale eferentă contracţia muşchilor respectivi, în vederea restabilirii poziţiei normale a corpului.①

Coordonarea tonusului muscular, în vederea menţinerii echilibrului între cele două jumătăţi ale corpului sau pentru realizarea unor mişcări coordonate, este asigurată prin intermediul centrilor nervoşi supramedulari (cerebel, nucleu roşu, formaţia reticulată, nucleii vestibulari) (vezi capitolul Fiziologia sistemului nervos). ①

Baza moleculară a contracţiei musculare

Mecanismul molecular al contracţiei musculare are la bază *teoria alunecării filamentelor*. ⓪

Cuplarea excitaţiei cu contracţia.

① Cuplarea excitaţiei cu contracţia

PA este transferat în interiorul fibrei musculare

PA declanşează eliberarea Ca din R.S

Se formează complexul Ca-troponină şi se descoperă situsurile actinei

Potenţialul de acţiune ajuns în interiorul fibrei musculare, datorită legăturii intime dintre tubii transverşi şi reticulul sarcoplasmatic (RS), determină eliberarea ionilor de calciu din RS în citoplasma celulară. Când ionii de calciu ating o anumită concentraţie intracitoplasmatică, ei formează cuplul Ca^{2+}-troponină, care modifică conformaţia filamentului de actină; astfel tropomiozina (care în repaus acoperă situsurile actinei) lasă libere situsurile actinei, faţă de care au afinitate naturală capetele energizate ale miozinei. Prin ataşarea capetelor miozinei la situsurile active ale actinei se formează punţile transversale acto-miozinice. ①

Contracţia musculară este rezultatul formarii puntilor transversale acto-miozinice şi alunecării filamentelor de actina printre cele de miozină. ⓪

Fiecare punte transversală ataşată filamentului subţire se mişcă asemănător unei vâsle. Această mişcare împinge filamentele subţiri spre centrul sarcomerului, determinând scurtarea acestuia. O singură mişcare determină o scurtare minimă, însă punţile transversale repetă mişcarea până când filamentele de actină se suprapun complet peste cele de miozină; se produce astfel o scurtare maximă printr-o succesiune de paşi mici. ①

Succesiunea de procese fiziologice între momentul legării punţilor transversale de filamentul subţire şi momentul legării din nou la acelaşi

Scanned with OKEN Scanner

filament subțire este cunoscută sub numele de *ciclul "crossbridge"* (ciclul punții transversale). ①

Etapele ciclului "crossbridge" sunt: ①

* ① ataşarea punții transversale de filamentul subțire (capul miozinei trebuie să fie energizat prin scindarea ATP-ului în ADP şi P_i):

$$A + M^*ADP + P_i = A\text{-}M^*ADP + P_i$$

* ② deplasarea punții transversale, prin descărcarea energiei stocate în miozină (ADP şi P_i se desprind de capul miozinei):

$$A\text{-}M^*ADP + Pi = A\text{-}M + ADP + Pi$$

* ③ desprinderea punții transversale de filamentul de actină prin ataşarea unei molecule de ATP. Legarea ATP-ului de miozină reduce afinitatea acesteia pentru actină.

$$A\text{-}M + ATP = A + M\text{-}ATP$$

* ④ Hidroliza ATP-ului pentru o nouă energizare a capului miozinei şi reluarea ciclului.

$$M\text{-}ATP = M^*ADP + Pi$$

ATP-ul joacă un rol extrem de important în procesul contracției şi relaxării musculare. In primul rând, o moleculă de ATP ataşată capului miozinei asigură energizarea acestuia (numai miozina energizată este capabilă de a se cupla cu actina). ATP-ul este scindat de enzima ATP-ază, punând în libertate energia care determină mişcarea pas cu pas a filamentelor de actină peste cele de miozină spre centrul sarcomerului. Dar această mişcare este posibilă numai dacă punțile transversale se fac şi se desfac succesiv. Desprinderea miozinei de actină este posibilă prin fixarea unei noi molecule de ATP de capul miozinei, pentru o nouă energizare. Atâta vreme cât calciul rămâne cuplat de troponină şi mușchiul dispune de ATP, punțile transversale acto-miozinice se fac şi se desfac până când filamentele de actină se suprapun complet peste cele de miozină. ②

Deoarece fiecare miofibrilă este alcătuită dintr-o înlănțuire de sarcomere, scurtarea tuturor sarcomerelor, va avea ca rezultat final scurtarea distanței dintre cele două capete ale mușchiului. ⓪

Relaxarea musculară. După ce mușchiul atinge maximum de scurtare, va începe procesul de *relaxare*. Pentru aceasta, este necesară intervenția unei pompe de calciu, care va determina transportul activ (cu consum energetic) al calciului din citoplasmă în reticulul sarcoplasmatic. Odată cu scăderea calciului intracitoplasmatic, se desface cuplul Ca^{2+}-troponină, se desprind toate punțile transversale actomiozinice, iar tropomiozina acoperă situsurile active ale actinei. Detaşarea miozinei de actină este asigurată de către ATP. ①

① Procese moleculare ale contracției musculare

Scurtarea mușchiului este rezultatul scurtării sarcomerelor

Scurtarea unui sarcomer este rezultatul alunecării filamentelor de actină printre cele de miozină

Alunecarea se realizează printr-o succesiune de paşi mici (ciclul crossbridge)

Ciclul crossbridge presupune ataşarea capului energizat al miozinei de situsurile active ale actinei şi inclinarea capului spre centrul sarcomerului, apoi desprinderea şi reataşarea de un nou situs al actinei

① Procese moleculare ale relaxării musculare

Recaptarea Ca în RS cu ajutorul unei pompe de calciu şi desprinderea Ca de troponina C

Desprinderea capetelor miozinei de actină, acoperirea situsurilor actinei şi revenirea sarcomerului la lungimea inițială

Scanned with OKEN Scanner

In concluzie, ATP-ul intervine atât în contracție, cât și în relaxare. In contracție, furnizează energia necesară alunecării filamentelor de actină spre centrul sarcomerului peste cele de miozină, iar în relaxare ATP-ul intervine în disocierea actinei de miozină, precum și în furnizarea energiei necesare recaptării caciului în reticulul sarcoplasmatic. ①

ATP-ul necesar activității musculare este rapid resintetizat pe trei căi:

- fosforilarea directă a ADP din creatin-fosfat (CP);
- glicoliza anaerobă, pe seama rezervelor de glicogen intracelular;
- fosforilarea oxidativă în mitocondrii, prin utilizarea nutrienților (glucoză, acizi grași) și a O_2 din sângele circulant. ②

In absența oxigenului, glicoliza anaerobă este predominantă, astfel că se produc cantități mari de acid lactic.

Acumularea de acid lactic și consumul ATP-ului determină instalarea fenomenului de oboseală musculară. ⓪

Stațiunea și locomoția

Stațiunea. Menținerea poziției normale a corpului în timpul staționării (sprijin patrupedal sau bipedal) se realizează datorită activității tonice permanente a mușchilor antigravitaționali (extensorii capului, ai membrelor, ai coloanei vertebrale) (vezi tonusul postural). ①

⓪ Stațiunea și Locomoția

Stațiunea = sprijin patrupedal sau bipedal

Locomoția = deplasare prin mișcarea alternativă a membrelor

La animale, echilibrul în stațiune patrupedală este asigurat dacă perpendiculara coborâtă din centrul de greutate al corpului cade în poligonul de susținere (suprafața delimitată de membrele aflate în sprijin). La cal, centrul de greutate se află la întretăierea planului sagital cu un plan transversal situat imediat înapoia apendicelui xifoidian al sternului și cu un plan orizontal aflat la limita dintre treimea mijlocie și cea inferioară a trunchiului; la porc, centrul de greutate se obține la fel. La rumegătoare, centrul de greutate este ceva mai caudal, iar la carnivore, ceva mai cranial, în comparație cu cel de la cal. ②

Trecerea de la poziția culcat la poziția în picioare necesită un consum suplimentar de energie pentru activitatea mușchilor de susținere a capului și trunchiului (excepție face calul, la care intervine aparatul pasiv de susținere). Astfel, metabolismul energetic de ansamblu al organismului se intensifică, de exemplu la vacă, oaie, cu 9-13 %, în poziția patrupedală. ②

Locomoția reprezintă deplasarea animalului în spațiu prin mișcarea alternativă a membrelor. In mersul lent, corpul păstrează permanent contactul cu solul, în timp ce în mersul rapid există un moment în care corpul este complet suspendat. ①

In deplasarea fiecărui membru, se deosebesc doi timpi: un timp în care membrul ia contact cu solul, trunchiul basculând în jurul punctului fix de contact cu solul; un al doilea timp în care membrul este ridicat de pe sol, pendulând în jurul punctului de legătură cu trunchiul. Animalele fiind patrupede, în timp ce unul sau două membre sunt suspendate, celelalte sunt în sprijin. Distanța dintre două puncte succesive de sprijin consituie pasul. ①

Scanned with OKEN Scanner

Mușchii scheletici acționează prin tracțiune exercitată asupra oaselor. Deplasarea unor segmente ale corpului sau a corpului în totalitate se realizează prin *funcționarea sistemelor de pârghii* ale corpului. O pârghie mecanică are 3 elemente funcționale: punctul de sprijin, forța și rezistența. ⓪

Se cunosc 3 tipuri de pârghii: pârghii de gradul I, II și III. ⓪

Pârghiile de gradul I sunt numite pârghii de echilibru (punctul de sprijin este situat la mijloc, între forță și rezistență). O astfel de pârghie de echilibru asigură poziția capului, în stațiune și în mers.①

Pârghiile de gradul II sunt mai rare, rezistența fiind la mijloc, între punctul de sprijin și punctul de aplicare a forței. Un exemplu îl reprezintă propulsia membrului pelvin.①

Pârghiile de gradul III sunt cele mai frecvente pârghii ale organismului, la care forța este situată la mijloc, între sprijin și rezistență. Un exemplu este flexia antebrațului.①

La realizarea unei mișcări participă un grup de mușchi, dintre care unii fixează un segment scheletic, asigurând un punct de sprijin fix, iar alții dezvoltă forța necesară deplasării unui segment al corpului sau mișcării aripilor în timpul zborului la păsări. Se disting *mușchi sinergici*, care acționează în același sens și *mușchi antagoniști*, care acționează în sens opus; așa se comportă flexorii și extensorii, adductorii și abductorii, pronatorii și supinatorii. Când agoniștii și antagoniștii se contractă simultan, mișcarea va fi moderată, dar precisă; când antagoniștii sunt inhibați, mișcarea va fi rigidă, puternică, dar mai puțin precisă. ①

In timpul efortului muscular se produc *modificări adaptative* ale întregului organism, indispensabile asigurării substratului energetic al contracției musculare, îndepărtării deșeurilor metabolice și disipării căldurii degajate.

- Astfel, în musculatura activă crește afluxul sanguin prin vasodilatație, în timp ce în teritoriul splanhnic (organe interne) se produce vasoconstricție, pentru comutarea masei sanguine circulante către mușchi.

- Se înregistrează, de asemenea, o accelerare a activității cardiace și a activității respiratorii pentru o bună aprovizionare cu oxigen a mușchilor.

- Crește necesarul de energie, motiv pentru care se impune o biosinteză continuă de ATP. Aceasta este asigurată de: sistemul creatinfosfat-ADP (CP + ADP = C + ATP); sistemul anaerob glicogen-acid lactic; sistemul aerob de oxidare a glucozei, acizilor grași sau aminoacizilor. ②

Mersul la animale

Se cunosc mai multe tipuri de mers la animale: mersul la pas, trapul, buestrul, galopul.⓪

Mersul la pas este o succesiune de sprijin pe bipede laterale și diagonale . Prin biped lateral se înțelege sprijinul concomitent pe membrul anterior și

Scanned with OKEN Scanner

posterior de aceeaşi parte. Bipedul diagonal este sprijinul concomitent pe un membru anterior şi membrul posterior opus (de exemplu, biped diagonal drept înseamnă sprijin pe membrul anterior drept şi posterior stâng). In mersul la pas, deplasarea se realizează cu o viteză de 6-7 km/oră. ①

Trapul este un mers în doi timpi, care se realizează printr-o succesiune de sprijin pe bipede diagonale. Trapul de curse presupune şi momente de suspensie totală a corpului în aer. Viteza realizată este de 18-48 km/oră.①

Buestrul este un mers în doi timpi pe bipede laterale (mersul legănat). Este specific pentru cămilă, girafă, elefant, dar se întâlneşte şi la unele rase de câini.①

Galopul este un mers săltat, în trei timpi. Succesiunea momentelor de sprijin este următoarea: pelvin drept, biped diagonal drept, toracic stâng; sau pelvin stâng, biped diagonal stâng, toracic drept. Viteza mersului la galop este de 60-72 km/oră.①

La animale, în special la cal, se întâlnesc două manifestări comportamentale care presupun punerea în funcţiune a anumitor grupe musculare. Acestea sunt: cabrarea şi azvârlirea.

Cabrarea este o activitate musculară care presupune sprijinul pe ambele membre pelvine şi ridicarea pentru scurt timp a trenului anterior în aer.

Azvârlirea se efectuează prin sprijin pe ambele membre anterioare, cu ridicarea trenului posterior în aer şi extensia exagerată a membrelor pelvine.

Calul şi câinele sunt bune înotătoare.

Mişcările de înot sunt similare cu cele din timpul mersului la trap.

① Tipuri de mers la animale

Mersul la pas = succesiune de sprijin pe bipede laterale si diagonale

Trapul = succesiune de sprijin pe bipede diagonale

Buestrul = succesiune de sprijin pe bipede laterale

Galopul = mers in trei timpi: pelvin drept, biped diagonal drept, toracic stâng

Fiziologia muşchiului neted

Muşchiul neted este alcătuit din celule musculare mult mai mici decât cele ale muşchiului scheletic.

Celulele musculare netede conţin filamente contractile de actină şi miozină, care însă nu sunt aranjate în sarcomere. Filamentele de actină se prind de formaţiuni similare liniilor Z, numite *corpusculi denşi*. Celulele musculare netede conţin şi proteine necontractile numite *filamente intermediare*, care formează un fel de plasă pentru filamentele contractile. Ele se prind, pe de o parte de corpusculii denşi, iar pe de altă parte de membrana celulară. Astfel, forţa de contracţie se transmite prin intermediul filamentelor intermediare membranei celulare care determină compresarea celulei musculare spre centrul ei, scurtându-se astfel axul ei longitudinal.①

Muşchii netezi se clasifică în două categorii principale :

Scanned with OKEN Scanner

- *mușchi netezi unitari*, numiți și *visceral*i, care intră în structura tubului digestiv, a ureterelor, uterului, etc.;

- *mușchi netezi multiunitari*, care alcătuiesc irisul, mușchii ciliari ai globului ocular și musculatura vaselor de sânge.①

Tipuri de mușchi netezi

Mușchi netezi unitari: tub digestiv, uter, uretere

Mușchi netezi multiunitari: iris, m. ciliari, media vaselor sanguine

Mușchiul neted unitar este alcătuit din celule strâns unite între ele prin joncțiuni GAP (vezi Histologia) și funcționează ca un sincițiu. Potențialul de acțiune se transmite de la o celulă la alta, mușchiul în totalitate actionând ca o unitate. Acest tip de mușchi este inervat de fibre nervoase vegetative, care formează rețele la suprafața mușchiului, fără a intra în contact direct cu fibrele musculare. Astfel, mediatorul chimic este eliberat la distanță și apoi difuzează către fibrele musculare. ②

Mușchiul neted multiunitar prezintă joncțiuni de contact cu fibrele vegetative, asemănătoare cu sinapsele neuro-musculare tipice. Există câte o joncțiune pentru fiecare fibră musculară, ca în cazul musculaturii scheletice. De aceea, organele care au în structura lor mușchi netezi multiunitari pot reacționa gradat în funcție de numărul de unități motorii activate.②

Mecanisme de contracție a mușchiului neted

In realizarea contracției mușchiului neted pot interveni trei mecanisme :

- un *mecanism miogen*, care constă în depolarizarea lentă, spontană a unor celule de tip *pacemaker* generatoare de potanțiale de acțiune în mușchiul neted visceral;

Pacemaker = celule musculare specializate care descarcă spontan potențiale de acțiune.

- un *mecanism nervos*, care constă în transmiterea potențialelor de acțiune prin nervii vegetativi, orto- și parasimpatici;

- un *mecanism umoral*, care are la bază intervenția unor hormoni locali sau circulanți ce acționează asupra receptorilor musculari (efectul poate fi excitator sau inhibitor). De exemplu, adrenalina are efect inhibitor asupra musculaturii intestinale, însă are efect stimulator asupra vaselor de sânge, producând vasoconstricție.①

Substratul molecular al contracție mușchiului neted prezintă unele deosebiri de cel al mușchiului striat.

In intimitatea celulelor, are loc același proces de alunecare a filamentelor de actină printre cele de miozină. De asemenea, intervin ionii de calciu în declanșarea contracției, însă fibra musculară netedă preia calciul din mediul extracelular, nu din reticulul sarcoplasmatic, care este slab reprezentat la mușchiul neted. ①

In fibra musculară netedă lipsește troponina; este prezentă însă o altă proteină reglatoare - calmodulina, de care se poate fixa ionul de calciu. Complexul Ca^{2+}- *calmodulină* produce o energizare lentă a miozinei, cuplarea cu actina și alunecarea filamentelor având o durată mult mai mare în cazul mușchiului neted față de mușchiul striat. De aceea, secusa mușchiului neted are

Scanned with OKEN Scanner

o durată de 20-120 secunde, față de 0,15 secunde cât durează secusa mușchiului striat.②

Modul de acțiune a mușchiului neted.

Mușchiul neted își exercită acțiunea *prin presiune* asupra conținutului organului respectiv. Astfel, prin contracția musculaturii netede se asigură deplasarea conținutului la distanță, omogenizarea conținutului, golirea organelor cavitare. ①

Contracțiile musculaturii netede pot fi *ritmice* și *tonice*. Contracțiile ritmice se succed la intervale regulate, cum sunt, de exemplu, contracțiile de foame ale stomacului. Contracțiile tonice sunt contracții cu caracter permanent, pe toată durata vieții. Un exemplu îl constituie contracțiile tonice ale musculaturii vaselor de sânge.②

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 5

Fiziologia sistemului endocrin

Sistemul endocrin utilizeaza hormonii ca limbaj de transmitere a mesajelor: Locul producerii hormonilor este reprezentat de glandele endocrine - sistemul hipotalamo-hipofizar; epifiza; tiroida, paratiroidele, glandele suprarenale, pancreasul endocrin, gonadele - sau sistemul endocrin difuz.

Principii generale de endocrinologie

Sistemul endocrin este considerat al doilea sistem de comunicaţie al organismului, primul, mult mai prompt, fiind sistemul nervos. Dacă sistemul nervos utilizează *impulsul nervos* pentru transmiterea mesajelor, acesta propagându-se de-a lungul fibrelor nervoase, sistemul endocrin utilizează în acest scop mesageri chimici, cunoscuţi sub numele de *hormoni*, care sunt transportaţi de către fluidele corpului (sânge, lichid interstiţial).⓪

Rolul fundamntal al sistemului endocrin este de a menţine mediul intern constant atunci când se produc influxuri sau efluxuri de substraturi organice, minerale, apă etc. Sistemul endocrin contribuie în mod esenţial la iniţierea, medierea şi reglarea proceselor de creştere, dezvoltare, maturare şi reproducţie.①

⓪Hormonii = substanţe chimice produse de celule specializate, de unde sunt eliberate în sânge şi transportate la ţesuturi sau organe ţintă.

Conceptul de hormon.

Hormonii sunt substanţe chimice produse atât de celule cu localizare specifică în anumite glande - *glandele endocrine*, cât şi de *celule localizate difuz* în cea mai mare parte a organismului, de unde sunt eliberate în sânge şi transportate la diferite ţesuturi sau organe ţintă la nivelul cărora îşi exercită acţiunea. Unii hormoni au ca ţintă aproape toate celulele organismului (de exemplu, hormonul de creştere), iar alţii acţionează doar asupra unor ţesuturi

Scanned with OKEN Scanner

sau organe (de exemplu, hormonul foliculostimulant actionează asupra gonadelor).⓪

① **Transmitere hormonală**

Paracrină = acțiune asupra celulelor învecinate

Autocrină = acțiune asupra celulei secretoare însăși

Endocrină = transport sanguin și acțiune la distanță

Neurocrină = transport axonal, eliberare în sânge si acțiune la distanță

Exocrină = secreție la exteriorul corpului (feromonii)sau în lumenul intestinal

Moduri de transmitere a mesajului hormonal

Transmiterea mesajului hormonal în mod restrictiv pe calea circulației sanguine este o concepție depășită. Actualmente se admit mai multe modalități de transmitere:

- *transmitere paracrină*: hormonii produși de celulele endocrine ale unui țesut difuzează în lichidul interstițial și actionează asupra celulelor țintă învecinate (ale aceluiași țesut);
- *transmitere autocrină*: hormonii acționează chiar asupra celulelor secretoare pentru a-și regla propria secreție;
- *transmitere endocrină*: hormonii produși de celule endocrine specializate trec în circulația sanguină și sunt transportați la nivelul celulelor țintă periferice.
- *transmitere neurocrină*: unii hormoni sunt secretați de neuroni și depozitați în terminațiile axonale ale acestora, de unde sunt eliberați direct în sânge; ei sunt cunoscuți ca *neurohormoni*;
- *transmitere exocrină*: unii hormoni pot fi secretați la exteriorul organismului sau în lumenul intestinal (de exemplu, feromonii excretați la exteriorul corpului; sau unii hormoni pancreatici secretați în lumenul intestinal). ①

Clasificarea hormonilor

⓪**Clasificarea hormonilor**

- aminici
- peptidici
- steroidici
- prostaglandine

Din punct de vedere chimic, hormonii se clasifică în :

- hormoni *aminici* (care provin din aminoacizi): hormonii tiroidieni, catecolaminele;
- hormoni *peptidici* (peptide, polipeptide, proteine): hormonii hipofizari, insulina, glucagonul.
- hormoni *steroizi* (care provin din colesterol): hormonii corticosuprarenalei, hormonii sexuali, derivatul activ al vitaminei D.

Un grup aparte de hormoni sunt *prostaglandinele* care provin din acidul arahidonic. Prostaglandinele aparțin sistemului endocrin difuz. ①

Sinteză, stocare și secreție

- *Hormonii peptidici* sunt sintetizați după mecanismul general al sintezei proteinelor: transcripția genei care codifică sinteza hormonului respectiv; translația mesajului pe ribozomi și asamblarea aminoacizilor succesivi într-un produs primar - *preprohormon*. Acesta este transferat în reticulul endoplasmatic, devenind *prohormon*, care conține hormonul respectiv dar și alte peptide. Prohormonul este transferat aparatului Golgi, unde hormonul și copeptidele sale sunt asociați în granule de secreție. Prin acțiunea

Scanned with OKEN Scanner

unor stimuli specifici, conținutul celulelor endocrine este eliberat prin exocitoză în lichidul extracelular, apoi în capilarele adiacente. Secreția hormonilor necesită participarea sistemului contractil al celulei și a ionilor de calciu. ①

- *Hormonii catecolaminici* (epinefrina, norepinefrina, dopamina) sunt sintetizați din aminoacidul tirozină printr-o succesiune de reacții enzimatice, apoi sunt stocați în granule secretorii și secretați prin exocitoză ca și hormonii peptidici. ①

- *Hormonii tiroidieni* sunt sintetizați din tirozină și iod printr-o serie de reacții care asigură încorporarea aminoacizilor într-o moleculă proteică mare care este sechestrată într-un spațiu de stocare - coloidul tiroidian, delimitat de celulele endocrine. Secreția hormonilor necesită eliberarea enzimatică a hormonilor din molecula proteică de stocare. ①

- *Hormonii steroizi* sunt sintetizați din colesterol printr-o serie de reacții enzimatice. Ei nu sunt stocați în glanda de origine. ①

Transport sanguin, metabolizare, eliminare

Odată eliberați în sânge, hormonii circulă în organism pentru a fi preluați de celulele țintă. Unii hormoni (catecolaminele, hormonii peptidici) circulă liberi, pe când alții (hormonii tiroidieni, hormonii steroizi) circulă legați de globuline specifice sau de albumină. După ce interacționează cu celulele țintă și își exercită rolul, hormonii sunt eliminați din organism: o parte se degradează în timpul interacțiunii cu celulele țintă, altă parte este supusă degradării metabolice în ficat sau rinichi, iar alți hormoni sunt excretați prin urină sau bilă. ①

Mod de acțiune

Declanșarea răspunsului specific din partea celulelor țintă necesită parcurgerea a trei etape majore:

1. *Recunoasterea hormonului* de către *receptorii specifici* ai celulei țintă.

Receptorii sunt molecule proteice care au un situs specific de legare cu mare afinitate pentru hormon. Legătura hormon-receptor se realizează pe bază de complementaritate (are loc o reacție similară formării complexului antigen-anticorp). Hormonul joacă rol de *mesager primar*. ①

2. *Generarea unui semnal intracelular.*

- Dacă formarea cuplului hormon-receptor are loc *în membrana celulară* (cazul hormonilor aminici și peptidici), acest cuplu se asociază cu alte componente membranare, prin intermediul cărora se generează în citoplasmă o serie de molecule semnal, numite *mesageri secundari*, care apoi influențează procesele metabolice celulare. ①

- Dacă asociația hormon-receptor are loc în citoplasmă sau nucleu (cazul hormonilor steroidici, tiroidieni), acest cuplu interactionează cu molecula de ADN și modifică expresia genei care codifică o anumită sinteză proteică. In acest caz, mesagerul secundar este reprezentat de molecula de ARNm care asigură transcripția. ①

Scanned with OKEN Scanner

⓪ Modul de acțiune a hormonilor

1. Interacțiunea hormon-receptor
2. Generarea unui semnal intracelular
3. Răspunsul celular specific

Mesagerii secundari generați de cuplul hormon-receptor membranar pot fi: AMPc, complexul calciu-calmodulină, produșii fosfolipidici. ⓪

- *Adenozin monofosfatul ciclic (AMPc):* cuplul hormon-receptor determină activarea unei enzime membranare - *adenilatciclaza*, care asigură conversia ATP în AMPc. AMPc modifică activitatea enzimelor din variate căi metabolice sau influențează transcripția și translația în procesul de sinteză proteică. ①

- *Calciu-calmodulina*: cuplul hormon-receptor membranar determină deschiderea canalelor de calciu din plasmalemă și pătrunderea calciului extracelular în celulă; de asemenea, mobilizează calciul din depozitele intracelulare (RE). Concentrația crescută de calciu intracelular determină formarea complexului calciu-calmodulină, care mediază răspunsul celular. ①

- *Produșii fosfolipidici*: cuplul hormon-receptor poate activa *fosfolipaza C* membranară care scindează fosfatidil-inozitolul (PI) în doi produși: *diacilglicerol (DAG)* și *inozitol trifosfat (IP_3)*, ambii fiind mesageri secundari ce modifică activitatea enzimatică a diverselor căi metabolice. ①

3. *Răspunsul celular specific*. Celulele țintă răspund specific, în funcție de căile metabolice activate, prin: sinteze, reacții catabolice, preluarea intracelulară sau eliberarea extracelulară a unor nutrienți metabolici sau minerale, contracție, secreție. ①

Rezultatul interacțiunii dintre hormon și celula țintă depinde de:
- concentrația hormonului;
- nr. receptorilor disponibili;
- durata de expunere a hormonilor;
- efectele hormonilor antagoniști. ①

Hormonii în concentrație redusă sau cu o durată mică de expunere la receptorii specifici, determină un răspuns minim detectabil (de exemplu, doar simpla eliberare din celulă a unor produși de secreție stocați în vezicule). ①

Creșterea concentrației hormonilor sau a duratei lor de expunere permite obținerea unei reactivități maxime din partea celulei țintă (de exemplu, stimularea sintezei unor produși de secreție, nu numai eliberarea lor). ①

Reglarea secreției hormonale

⇒ Această reglare se realizează predominant prin mecanism de tip *feed-back (retroacțiune)*. Atunci când un hormon se găsește în sânge în exces, el acționează asupra glandei secretoare sau asupra centrilor superiori de comandă, determinând inhibarea propriei secreții (feed-back negativ). Dacă hormonul este în cantitate insuficientă în sânge, se declanșează activitatea secretorie a glandei direct sau prin intermediul centrilor superiori (feed-back pozitiv). ⓪

In reglarea activității endocrine de tip feed-back, un rol important revine *axului hipotalamus-hipofiză-glandă periferică*. Un hormon hipotalamic stimulează producerea unui hormon hipofizar, care la rândul său stimulează o secreție hormonală periferică. Feed-back-ul exercitat în lungul acestui ax poate fi :

Scanned with OKEN Scanner

⓪ Reglarea secreției hormonale

1. Reglare de tip feed-back

2. Reglare bazată pe principiul homeostaziei

- *feed-back lung*, atunci când hormonul glandei periferice acționează asupra hipofizei şi hipotalamusului.
- *feed-back scurt*, atunci când hormonul hipofizar acționează asupra hipotalamusului;
- *feed-back ultrascurt*, atunci când hormonul hipotalamic însuşi acționează asupra hipotalamusului. ①

⇒ Există şi un al mecanism de reglare care are la bază respectarea *principiului homeostatic* conform căruia eliberarea unui hormon este stimulată de condiția necesității acțiunii sale (de exemplu, scăderea glucozei sanguine, antrenează eliberarea hormonilor hiperglicemianți pentru restabilirea nivelului normal al glucozei sanguine). ①

⓪ Sistemul endocrin

1. Glande endocrine:
- hipofiza
- epifiza
- tiroida
- paratiroidele
- suprarenalele
- pancreas endocrin
- gonadele

2. Sistemul endocrin difuz

Organizarea sistemului endocrin

Sistemul endocrin al organismului este organizat sub formă de glande endocrine bine individualizate sau sub formă de sistem edocrin diseminat în majoritatea țesuturilor si organelor. ⓪

- *Glandele endocrine* ale organismului sunt: hipofiza, epifiza, tiroida, glandele paratiroide, glandele suprarenale, pancreasul endocrin, gonadele (ovarele şi testiculele). Ele produc hormoni care acționează la mare distanță, asigurând reglarea pe cale umorală a activității majorității sistemelor organice. ①
- *Sistemul endocrin difuz* este reprezentat de celule endocrine disipate în aproape toate organele şi țesuturile organismului. Rolul său este de a produce hormoni cu acțiune locală. Cei mai reprezentativi sunt hormonii gastro-intestinali: gastrina, secretina, enterogastronul etc., care reglează funcția secreto-motorie a tubului digestiv. ①

Sistemul hipotalamo-hipofizar

⓪Localizarea hipofizei

endocranian, în şaua turcească a osului sfenoid

Hipofiza (glanda pituitară), este situată endocranian, în şaua turcească a osului sfenoid. Ea are două porțiuni distincte: adenohipofiza (hipofiza anterioară) şi neurohipofiza (hipofiza posterioară). Numai la vertebratele inferioare este bine individualizat şi un lob intermediar al hipofizei, situat între celelalte două. La mamifere, celulele hipofizei intermediare sunt dispersate în toată glanda. ⓪

Din punct de vedere funcțional, hipofiza ocupă un loc central în endocrinologie, de unde şi numele ei de "glandă master", deşi se ştie acum că se află sub controlul neuro-endocrin al hipotalamusului. Hipofiza si hipotalamusul alcătuiesc o unitate funcțională complexă, datorită interconexiunilor vasculare şi nervoase dintre acestea. ⓪

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Ⓞ Legătura hipotalamo-hipofizară

1. Sistemul port-venos
intre hipotalamus şi adenohipofizară

2. Tractusul hipotalamo-hipofizar
între hipotalamus şi neurohipofiză

Legătura dintre hipotalamus şi adenohipofiză este realizată pe cale vasculară, prin *sistemul port venos hipotalamo-hipofizar*, în timp ce legătura dintre hipotalamus şi neurohipofiză este reprezentată de *tractusul nervos hipotalamo-hipofizar* (fascicul de fibre nervoase care transportă hormonii sintetizaţi de neuronii hipotalamici la neurohipofiză). ①

Sistemul funcţional hipotalamo-hipofizar îndeplineşte multiple roluri:

- asigură echilibrul apei în organism;
- coordonează creşterea somatică;
- reglează functia de reproducţie, secreţia şi ejecţia laptelui;
- reglează activitatea unor glande endocrine periferice: tiroida, glanda suprarenală şi gonadele. ①

Funcţia neurocrină a hipotalamusului

Ⓞ Hormoni hipotalamici

1. Hormoni de depozit
transportaţi şi depozitaţi in neurohipofiză

2. Hormoni de eliberare (RH) şi de inhibare (IH)
transportaţi în adenohipofiză unde îşi exercită actiunea

Hipotalamusul dispune de neuroni care sintetizează şi secretă hormoni (funcţie neurocrină). Numai doi dintre aceşti hormoni sunt transportaţi în lungul axonilor tractusului hipotalamo-hipofizar şi depozitaţi în terminaţiile axonale, în neurohipofiză - se mai numesc *hormoni de depozit*. Aceştia sunt: hormonul antidiuretic (ADH), numit şi arginin vasopresina (AVP), şi ocitocina (OCT). Ⓞ

Ceilalţi hormoni hipotalamici sunt transportaţi în lungul axonilor care se termină în *eminenţa mediană* (aflată la baza hipotalamusului); de aici ei sunt eliberaţi în venele sistemului port hipotalamo-hipofizar, care-i transportă la adenohipofiză. Capilarele adenohipofizare sunt de tip fenestrat, ceea ce permite trecerea hormonilor hipotalamici în ţesutul glandular. ①

Hormonii hipotalamici care acţionează asupra celulelor endocrine adenohipofizare sunt cunoscuţi sub denumirea de *hormoni (factori) de eliberare şi de inhibare* sau *releasing hormone* şi *inhibiting hormone*. Ⓞ

ⓄHormonii hipotalamici de depozit

- ADH = hormonul antidiuretic
- OCT = ocitocina

Hormonii hipotalamici de depozit (denumiţi şi *neurohipofizari* după locul de depozitare) sunt sintetizaţi de nucleul supraoptic şi paraventricular din hipotalamus, apoi depozitaţi în neurohipofiză. Deşi au funcţii foarte diferite, ADH-ul şi OCT, fiind hormoni peptidici sunt sintetizaţi, stocaţi şi secretaţi după mecanismul general arătat anterior. Genele care codifică sinteza lor sunt foarte asemănătoare; ele induc nu numai sinteza hormonilor respectivi, ci şi a unor copeptide, numite neurofizine, care au rolul de a transporta hormonii în lungul axonilor până în hipofiza posterioară. ①

Hormonul antidiuretic (ADH) are ca rol principal conservarea apei în organism şi menţinerea osmolarităţii lichidelor corpului (osmolaritatea sau presiunea osmotică depinde de concentraţia în minerale, mai ales NaCl - 0,9 %); are şi un rol secundar - acela de a menţine volumul sanguin total şi de a regla presiunea arterială. Ⓞ

- Principalul stimul care declanşează eliberarea ADH-ului este pierderea apei (deshidratare) şi creşterea concomitentă a osmolarităţii lichidelor corpului. Hipotalamusul dispune de neuroni osmoreceptori, care detectează

variațiile de osmolaritate ale lichidului extracelular. Acești neuroni transmit mesajul neuronilor secretori de ADH și declanșează eliberarea hormonului în sânge. ①

Un alt stimul care determină eliberarea ADH-ului este hipovolemia (scăderea volumului sanguin, fie prin deshidratare masivă - diaree, vomitare accentuată, fie prin hemoragii mari). Scăderea volumului sanguin nu este percepută în mod direct, ci prin baroreceptori - receptori de presiune din pereții vaselor de sânge; mesajul este condus la hipotalamus prin fibre nervoase senzitive și acesta sporește eliberarea ADH. ①

Organul țintă unde acționează ADH -ul este *rinichiul*. Mai exact, ADH-ul acționează asupra tubului urinifer și determină reabsorbția apei, împiedicând astfel pierderea apei prin urină, atunci când este necesară refacerea volumului sanguin sau diluarea plasmei sanguine. Celulele țintă ale tubului urinifer sunt celulele epiteliale ale ansei ascendente Henle și ale ductelor colectoare. Cuplul *ADH - receptor* din membrana celulară acționează prin *mesagerul secundar AMPc* care stimulează mecanismul de transport al sodiului, clorului în spațiul interstițial; astfel, prin osmoză, apa este atrasă în spațiul interstițial, apoi în capilarele sanguine. ①

In concentrație mare, ADH -ul are și efect vasoconstrictor, cu hipertensiune (de unde și denumirea sa de arginin vasopresină) - previne prăbușirea presiunii sângelui în hemoragii masive. De această dată, acționând pe receptori specifici din membrana celulelor musculare netede vasculare, induce prin *sistemul mesagerilor secundari DAG, IP_3 și Ca^{2+}*, contracția fibrelor musculare și reducerea calibrului vascular. ①

Ocitocina are ca rol principal ejecția laptelui din glanda mamară în lactație, iar ca rol secundar, contracția musculaturii netede uterine. ⓪

Eliberarea ocitocinei este declanșată în mod *reflex* (răspuns prompt în 30 secunde) prin stimularea receptorilor tactili ai mamelonului în timpul suptului sau mulsului, dar și prin stimularea mecanică a tractusului genital în timpul actului sexual sau în timpul parturiției. Impulsurile stimulatorii de la receptorii tactili ajung la hipotalamus prin fibre nervoase senzitive și determină declansarea secreției de ocitocină în sânge. ①

Organele țintă unde acționează ocitocina sunt :

- *glanda mamară,* la nivelul căreia determină ejecția laptelui, ca urmare a contracției celulelor mioepiteliale ale acinilor glandulari;
- *uterul*, la nivelul căruia determină contracția miometrului, fie în timpul ovulației, determinând ascensiunea spermatozoizilor către oviduct, fie în timpul parturiției (fătării), favorizând expulzarea fătului. Sensibilitatea uterului față de ocitocină crește dacă acesta este impregnat cu estrogeni. ①

Celulele țintă sunt reprezentate de celulele mioepiteliale ale glandei mamare și celulele musculare netede ale uterului. Acțiunea se exercită prin receptori membranari (activați de estrogeni), pe calea mesagerului secundar AMPc și Ca-calmodulină. ①

① ADH

Locul producerii:
Nucleii supraoptic și paraventricular

Stimulul pentru eliberare:
- deshidratarea
- hipovolemia

Organe țintă:
- rinichiul
- vase de sânge

Acțiune:
- reabsorbția apei
- vasoconstricție

① Ocitocina

Locul producerii:
Nucleii supraoptic și paraventricular

Stimulul pentru eliberare:
- suptul sau mulsul
- actul sexual
- parturiția

Organe țintă:
- glanda mamară
- uter

Acțiuni:
- ejecția laptelui
- contracția miometrului

Scanned with OKEN Scanner

Utilizările terapeutice ale ocitocinei sunt: inducerea contracțiilor de parturiție sau diminuarea sângerării uterine postpartum. ②

Hormonii de eliberare și de inhibare hipotalamici.

Hormonii de eliberare sunt:

- CRH (*corticotrop releasing hormone*, numit și *corticoliberină*), care favorizează eliberarea de către hipofiza anterioară a ACTH (adrenocorticotrop hormon);
- TRH (*tireotrop releasing hormone*, numit și *tireoliberină)* care stimulează secreția de către hipofiza anterioară a TSH (hormonul stimulator al glandei tiroide);
- GH-RH sau GRH (*growth hormone releasing hormone*, numit și *somatoliberina*) care stimulează eliberarea de către hipofiza anterioară a hormonului de creștere (GH = growth hormone sau STH = somatotrop hormon);
- PRH (*prolactine releasing hormone*, numit și *prolactoliberina*) care favorizează eliberarea prolactinei de către hipofiza anterioară);
- Gn-RH (*gonadotrop releasing hormone*, numit și *gonadoliberină* sau *luliberină*) care favorizează eliberarea de către hipofiza anterioară a hormonilor gonadotropi (FSH și LH). ①

Unii dintre factorii amintiți au și un corespondent inhibitor. Astfel, există:

- *somatostatina (SS),* care inhibă secreția hormonului de creștere și TSH;
- *prolactostatina sau hormonul de inhibare a prolactinei (PIH)*, care inhibă secreția de prolactină;
- *melanostatina (MIH)* care inhibă secreția hormonului melanostimulator. ①

Neurohormonii hipotalamici sunt secretați în mod pulsatil (prin descărcări ritmice), ajung în adenohipofiză și determină stimularea sau inhibarea eliberării hormonilor adenohipofizari. ①

Funcțiile adenohipofizei

Hipofiza are în structura sa 5 tipuri de celule endocrine:

- celule somatotrofe, care secretă hormonul de creștere (STH sau GH);
- celule mamotrofe, care secretă prolactina (PRL sau LTH);
- celule tireotrofe, care secretă tireotropina (h. de stimulare tiroidiană - TSH);
- celule corticotrofe, care sintetizează o moleculă mare - proopiomelanocortina, din care se formează ACTH, MSH, beta-lipotropina și beta-endorfine.
- celule gonadotrofe, care secretă hormoni gonadotropi: FSH, LH, ICSH.⓪

① RH și IH

CRH: corticotrop releasing hormone (corticoliberina)

TRH: tireotrop releasing hormone (tireoliberina)

GH-RH: growth hormone releasing hormone (somatoliberina)

PRH: prolactine releasing hormone (prolactoliberina)

Gn-RH: gonadotrop releasing hormone (gonadoliberina)

SS – somatostatina
PIH – prolactine inhibiting hormone
MIH – melanotrop inhibiting hormone

⓪ Celule hipofizare și hormoni secretați

Cel. somatotrofe: STH (GH) – h. de creștere

Cel. mamotrofe: PRL (LTH) - prolactina

Cel. tireotrofe: TSH – h. de stimulare tiroidiană

Cel. corticotrofe: ACTH, MSH etc.

Cel. gonadotrofe: h. gonadotropi

Scanned with OKEN Scanner

Ⓞ STH (GH)

Locul producerii:
celulele somatotrofe adenohipofizare

Celule țintă:
toate celulele

Acțiuni:
- **creşterea** postnatală a oaselor, a masei musculare, a viscerelor.
- efect general anabolizant

Hormonul de creştere (GH = *growth hormone* sau STH = *hormonul somatotrop*) acționează asupra tuturor celulelor corpului, determinând creşterea mărimii celulelor, dar şi creşterea numărului de celule. Asigură creşterea şi dezvoltarea somatică după naştere (soma = corp). O mare sensibilitate la STH au condrocitele cartilajului de conjugare al epifizelor oaselor lungi, de aceea STH determină creşterea organismului în lungime. De asemenea, se dezvoltă masa musculară, cresc dimensiunile tuturor viscerelor, se dezvoltă glandele endocrine. Ⓞ

STH-ul are importante efecte metabolice: sporirea sintezei proteice în toate celulele organismului; mobilizarea acizilor graşi din depozitele adipoase în vederea utilizării lor ca sursă energetică; inhibarea preluării glucozei în celule şi reducerea utilizării glucozei ca sursă energetică (un exces de STH, ar putea avea efect diabetogen - creşterea glucozei sanguine). ①

Modul de acțiune al STH la nivel celular nu este asemănător acțiunii celorlalți hormoni peptidici. Nici unul dintre mesagerii secundari cunoscuți nu mediază efectele intracelulare ale STH. Ca răspuns la acțiunea STH-ului asupra celulelor, acestea produc o familie de peptide, numite *somatomedine*. Ficatul reprezintă o sursă importantă de somatomedine circulante, care acționează la distanță de locul de producere. Somatomedinele sunt intermediari ai acțiunii hormonului de creştere asupra cartilajului, osului, muşchiului etc. In aceşte țesuturi, ele acționează prin receptori specifici şi induc preluarea aminoacizilor în celule şi orientarea lor către sintezele proteice, sinteza ARN, ADN şi proliferarea celulară; în concluzie, GH, prin intermediul somatomedinelor, are *efect general anabolic*. ②

Insuficiența secreției de STH în timpul creşterii determină *nanismul hipofizar*. Excesul secreției de STH în timpul creşterii determină *gigantism*, iar la organismul adult - *acromegalie* (creşterea excesivă a extremităților şi a viscerelor). ①

Reglarea secreției de STH se face de către factorii hipotalamici (somatoliberina şi somatostatina).

- GH-RH hipotalamic (*somatoliberina*) acționează asupra celulelor somatotrofe din adenohipofiză pe receptori membranari specifici care induc intrarea calciului şi creşterea concentrației AMPc - ambii mesageri secundari stimulează procesele de sinteză a hormonului la nivelul transcripției genei STH. Dimpotrivă, *somatostatina* scade intrarea calciului în celulele somatotrofe şi reduce nivelul AMPc, astfel că procesele de sinteză a STH sunt blocate.

- Sinteza şi eliberarea STH depinde şi de nivelul sanguin al substanțelor nutritive energetice (glucoză, aminoacizi, acizi graşi). In general, ingestia de proteine şi reducerea ingestiei de glucide şi lipide, favorizează eliberarea STH.

- Ritmul somn-veghe, de asemenea influențează producerea STH: se înregistrează o creştere a sintezei STH timp de 1-2 ore după instalarea somnului profund (de unde lente).

- Reglarea prin feed-back negativ are loc la toate nivelele axului hipotalamus-hipofiză-ficat, în funcție de nivelul somatomedinelor circulante. ①

Scanned with OKEN Scanner

Hormonul adrenocorticotrop *sau adrenocorticotropina (ACTH)* are tropism pentru o altă glandă endocrină a cărei activitate o influențează. Este vorba de glanda corticosuprarenală, asupra căreia ACTH-ul acționează, influențând în principal secreția hormonilor glucocorticoizi (cortizol), dar și secreția hormonilor mineralocorticoizi și sexoizi. ⓪

⓪ ACTH

Locul producerii: celulele corticotrofe adenohipofizare

Stimulul pentru eliberare: -bioritmul circadian - stresul

Organul țintă: Glanda corticosuprarenală

Acțiuni: Secreția corticoizilor pentru adaptare la stres

Celulele corticotrofe ale hipofizei sintetizează un precursor cu moleculă mare numit *proopiomelanocortină* din care se separă ACTH, MSH, β-lipotropina, β-endorfine. ①

ACTH-ul se fixează pe receptori specifici, la nivelul celulelor endocrine ale corticosuprarenalei, unde induce preluarea colesterolului și sinteza hormonilor steroizi.

Agentul stimulator imediat al ACTH este CRH (corticoliberina hipotalamică), care se descarcă periodic sub influența ritmului circadian și a ciclului somn-veghe. Există 7-13 episoade de secreție zilnică a hormonilor din axul hipotalamus-hipofiză-corticosuprarenală. Cel mai mare nivel sanguin al ACTH a fos găsit, în cursul dimineții (la om, chiar înainte de trezire, la orele 4-6 dimineața). ①

Eliberarea triadei hormonale CRH-ACTH-cortizol este necesară pentru adaptarea organismului la stres (durere, exercițiu prelungit); starea de analgezie indusă de endorfine inhibă eliberarea acestor hormoni. ①

Reglarea secreției de ACTH este realizată prin mecanisme de tip feed-back, în funcție de nivelul hormonilor glucocorticoizi din sânge. ①

Creșterea cortizolului în sânge atrage inhibarea eliberării ACTH și CRH. In același mod acționează hormonii corticoizi de sinteză administrați în scop terapeutic (antiinflamator) - de exemplu prednison. Dozele mari, administrate numai timp de o săptămână, suprimă complet funcția neuronilor hipotalamici secretori de CRH, a celulelor corticotrofe hipofizare și a celulelor zonei fasciculate din corticosuprarenală, iar refacerea completă a axului hipotalamus-hipofiză-corticosuprarenală durează aproape 1 an. ②

Alături de ACTH, *beta-lipotropina* (cu rol în mobilizarea lipidelor din depozite) și *beta-endorfinele* (care induc analgezia fiziologică) pot fi sintetizate tot ca răspuns la stres. ①

⓪ MSH

Locul producerii: celulele corticotrofe adenohipofizare

Celule țintă: - celulele pigmentare cutanate -fotoreceptorii

Acțiuni: - dispersarea melaninei - resinteza rodopsinei

Hormonul melanostimulator *(MSH),* compus derivat direct din ACTH, nu are o semnificație funcțională similară. ⓪

MSH-ul acționează asupra celulelor pigmentare din piele, determinând dispersarea granulelor de melanină în prelungirile celulelor. Melanina este pigmentul negru al pielii, astfel că prin acțiunea MSH -ului are loc închiderea la culoare a pielii. Efectul este mai pronunțat la vertebratele inferioare (amfibieni, reptile), fiind în legătură cu adaptarea cromatică la mediu. In plus, MSH-ul acționează și asupra celulelor fotoreceptoare din retină, favorizând resinteza rodopsinei. ①

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Ⓞ TSH

Locul producerii: celulele tireotrofe adenohipofizare

Organul țintă: Tiroida

Acțiuni: Sinteza hormonilor tiroidieni

Hormonul tireostimulator *(TSH)* sau *tireotropina* este un hormon glicoproteic, cu tropism pentru glanda tiroidă, la nivelul căreia determină *stimularea sintezei și eliberării hormonilor tiroidieni.* In absența TSH, foliculii tiroidieni se atrofiază, iar expunerea o perioadă mai îndelungată la TSH determină hiperplazia celulelor foliculare (creșterea mărimii lor). Se explică astfel *rolul trofic al TSH asupra glandei tiroide.* ①

Agentul stimulator direct asupra producerii TSH este *TRH-ul hipotalamic*, care acționează asupra receptorilor membranari ai celulelor tireotrofe adenohipofizare și induce sinteza și eliberarea TSH prin intermediul mesagerilor secundari (Ca^{2+} și produși fosfolipidici). ①

Reglarea secreției TSH este realizată prin mecanism de feed-back în funcție de nivelul hormonilor tiroidieni în sânge. Acțiunea feed-back se exercită la toate nivelele axului hipotalamus-hipofiză-tiroidă. Creșterea hormonilor tiroidieni în sânge determină scăderea sintezei de TRH la nivelul hipotalamusului și prin aceasta reducerea secreției de TSH la nivelul adenohipofizei. Inhibarea secreției de TSH este realizată și prin somatostatina hipotalamică.①

Ⓞ Hormonii gonadotropi

Locul producerii: celulele gonadotrofe adenohipofizare

Organe țintă: Gonadele (ovar sau testicul)

Acțiuni:
FSH:
- la femelă dezvoltarea foliculilor ovarieni și secreția h. estrogeni
- la mascul dezvoltarea tubilor seminiferi și spermatogeneza

LH: ovulația și dezvoltarea corpului galben
ICSH: sinteza h. androgeni

Hormonii gonadotropi sunt glicoproteine, produse de celulele gonadotrofe adenohipofizare: FSH, LH, ICSH, care au tropism pentru gonade.Ⓞ

Hormonul foliculostimulant (FSH) acționează la femelă asupra ovarului, unde determină creșterea și dezvoltarea foliculilor ovarieni și totodată stimulează celulele endocrine ale foliculilor în vederea secreției hormonilor estrogeni. Hormonul acționează și asupra gonadei mascule (testicul), la nivelul celulelor Sertoli, favorizând dezvoltarea tubilor seminiferi și procesul de spermatogeneză.①

Hormonul luteinizant (LH) determină ovulația la femelă și asigură dezvoltarea unui corp galben funcțional în locul ovulului eliberat. Corespondentul LH-ului la mascul este ICSH-ul. ①

Hormonul de stimulare a celulelor interstițiale (Leydig) - ICSH stimulează la mascul sinteza de către celulele Leydig a hormonilor androgeni (testosteronul). ①

Celulele gonadotrofe hipofizare se află sub directa stimulare a *Gn-RH hipotalamic*. Acesta stimulează sinteza și eliberarea ambilor hormoni FSH și LH (ICSH), dar mai mult a LH-ului. Hipotalamusul eliberează Gn-RH sub forma unor "pulsații" (descărcări ritmice). Acestea sunt absente până la vârsta maturității sexuale; la masculi există 8-10 "pulsații"/zi, iar la femele, descărcarea Gn-RH depinde de fazele ciclului sexual (mai accentuată în faza de estru).②

Reglarea secreției hormonale în axul hipotalamus-hipofiză-gonade se realizează prin mecanism feed-back. Estrogenii la femelă și androgenii la mascul inhibă secreția FSH și LH la nivelul hipofizei și hipotalamusului (*feed-back negativ*). La femelă, funcționează și un mecanism de *feed-back pozitiv* (un exces de estrogeni, poate determina stimularea secreției de LH, în defavoarea FSH pentru declanșarea ovulației). ①

FSH-ul dispune şi de o reglare specifică prin intermediul unor produşi de secreţie ai gonadelor: *activina,* care acţionează prin feed-back pozitiv stimulând secreţia de FSH şi *inhibina,* care acţionează prin feed-back negativ, inhibând secreţia de FSH.①

Prolactina *(PRL),* numită şi *hormon luteotrop (LTH),* este un hormon proteic, secretat de celulele mamotrofe ale adenohipofizei. ⓪

⓪ Prolactina

Locul producerii: celulele mamotrofe adenohipofizare

Organul ţintă: Glanda mamară Ovarul

Acţiuni:
- Dezvoltarea glandei mamare; inducerea secreţiei lactate
-Menţinerea corpului galben
- Secreţia "laptelui de porumbel"

Are ca rol principal *dezvoltarea glandei mamare şi formarea laptelui* la femelă, dar în mod secundar la animale asigură *menţinerea corpului galben pe ovar* în prima perioadă a gestaţiei. Alte roluri ale prolactinei la animale sunt: dezvoltarea instinctului matern la mamifere; dezvoltarea instinctului de cuib la păsări; secreţia unui produs nutritiv asemănător laptelui de către epiteliul guşei la porumbel.①

Acţiunile PRL la nivel celular se manifestă în sensul proliferării celulelor acinilor şi ductelor glandei mamare, în timpul gestaţiei. După parturiţie, PRL determină declanşarea secreţiei lactate prin inducerea rapidă a transcripţiei genelor care sintetizează proteinele laptelui (cazeina şi lactalbumina) şi prin activarea căilor metabolice de sinteză a lactozei. ①

Reglarea secreţiei de PRL se realizează prin neurohormonii hipotalamici care eliberează atât o *prolactoliberină* (PRH), cât şi o *prolactostatină* (PIH), dar efectul inhibitor este predominant (întreruperea legăturii hipotalamus-hipofiză determină creşterea secreţiei de PRL). In reglarea secreţiei PRL intervine şi un feed-back negativ scurt: PRL îşi inhibă propria secreţie prin stimularea eliberării PIH. ①

Epifiza (glanda pineală)

⓪Localizarea epifizei

endocranian, deasupra tuberculilor cvadrigemeni

Epifiza este cea de a doua glandă cu localizare endocraniană, fiind situată deasupra tuberculilor cvadrigemeni. Are forma unui con de pin (de aici denumirea de gl. pineală). ⓪

Studiile efectuate la peştii fosili şi la fetuşii mamiferelor evidenţiază dezvoltarea glandei pineale dintr-o structură primitivă cu rol fotosenzorial - al treilea ochi. Celulele fotoreceptoare asemănătoare celulelor cu conuri ale retinei s-au transformat în decursul evoluţiei în celule secretorii endocrine - *pinealocite.* Singura legătură a glandei pineale a mamiferelor cu ochiul ancestral a rămas proprietatea sa de a-şi modifica funcţia în raport cu alternanţa lumină/întuneric. ①

⓪Hormonii epifizari

- Melatonina
- Androhalona
- Arginin - vasotocina

Principalul hormon epifizar este un produs indol-aminic - *melatonina,* dar s-au izolat şi hormoni peptidici: *androhalona* şi *arginin-vasotocina.* ⓪

Melatonina este sintetizată din aminoacidul triptofan. Intr-o primă fază, *triptofanul* se transformă prin hidroxilare şi decarboxilare în 5-hidroxitriptamină (5-HTA) numită şi *serotonină.* Serotonina este apoi transformată în *melatonină* prin acţiunea a două enzime specifice. ①

Rolul melatoninei la mamifere este de a inhiba funcţia de reproducţie prin blocarea eliberării de Gn-RH de către hipotalamus. Denumirea de

Scanned with OKEN Scanner

melatonină este dată de acțiunea ei asupra melanoforelor la vertebratele inferioare (broască), determinând deschiderea la culoare a pielii prin concentrarea pigmentului melanic în centrul celulelor pigmentare. ①

Androhalona are efect antiandrogen direct.

Arginin-vasotocina, hormon izolat în 1963 de românul Ștefan Milcu, s-a dovedit a fi mai puternic inhibitor al secreției de gonadotropi hipofizari decât melatonina. ①

Ⓞ Melatonina

Locul producerii:
pinealocite epifizare

Celule țintă:
- Neuroni hipotalamici ce sintetizează Gn-RH
- Melanocite

Acțiuni:
- Inhibiția funcției de reproducție
- Reducerea pigmentației pielii la vertebratele inferioare

Reglarea secreției hormonilor epifizari.

Secreția hormonilor epifizari este influențată de ritmul circadian (alternanța zi-noapte). Secreția este diminuată ziua și accentuată noaptea (așa se explică repausul sexual iarna când predomină întunericul). Ⓞ

Funcția glandei pineale se află sub directa influență a *inervației ortosimpatice*. ①

Glanda pineală, în mod neobișnuit pentru o structură a creierului, primește inervația periferică ortosimpatică de la ganglionul cervical superior. Mediatorul chimic ortosimpatic - noradrenalina - se leagă de receptori specifici β-adrenergici din membrana pinealocitelor și stimulează sinteza și activarea enzimelor necesare biosintezei hormonilor epifizari. ①

Transmiterea informațiilor fotonice de la ochi la glanda pineală urmează o cale de conducere specifică. De la retină, pe calea n. optic, informațiile fotonice ajung la *nucleul suprachiasmatic* (situat deasupra chiasmei optice), iar de aici, printr-o serie de relee sinaptice din trunchiul cerebral, informațiile sunt transmise ganglionului cervical superior, care asigură inervația ortosimpatică a glandei pineale (așa cum s-a prezentat mai sus). ①

Nucleul suprachiasmatic este considerat *ceasul biologic* al organismului, care controlează numeroase activități bioritmice: ritmul somn/veghe, ritmul secreției de corticosteroizi, ritmul secreției hormonilor epifizari. ①

Rolul glandei epifize în activitatea de reproducție

Extirparea epifizei la hamsterul auriu a determinat transformarea acestuia din animal cu activitate sexuală sezonieră în animal cu activitate sexuală pe tot parcursul anului. La animalele tinere cu gl. pineală extirpată, pubertatea este precoce. ②

Glanda pineală funcționează ca un "comutator on-off", care permite ("on") sau nu ("off") manifestarea instinctului genezic. ①

- Activitatea de reproducție este inhibată la toate speciile de la naștere până la pubertate tocmai datorită funcționării glandei pineale care inhibă fluxul hormonal în axul hipotalamo-hipofizo-gonadic (off). ②
- Unele animale dispun de *activitate de reproducție sezonieră*, dependentă de modificarea fotoperioadei (lungimea zilei-lumină dintr-o prioadă de 24 ore). Aceste animale prezintă o perioadă de rut (o activitate de reproducție accentuată) numai într-o anumită perioadă a anului: primăvara (de ex. hamsterul) sau toamna (de ex. oaia), în funcție de comutarea în poziție "on-off" a activității secretorii a glandei pineale. ②

Scanned with OKEN Scanner

Glanda tiroidă

⓪Localizarea glandei tiroide

pe trahee, în spatele laringelui

⓪Structuri endocrine tiroidiene

- foliculi tiroidieni: **T_3, T_4**
- celule C (parafoliculare): **calcitonina**

⓪Denumirea h. tiroidieni

- **T_3** = triiodtironina
- **T_4** – tetraiodtironina (tiroxina)

Tiroida este cea mai importantă glandă endocrină implicată în *reglarea metabolismului global* al organismului. ⓪

Glanda tiroidă este localizată pe trahee, imediat înapoia laringelui. Ea este formată din doi lobi laterali uniți printr-un istm central, mai redus sau mai mare în funcție de specie (vezi anatomia). Glanda tiroidă este bine dezvoltată și își începe activitatea încă din timpul dezvoltării intrauterine, fiind implicată în dezvoltarea SNC și a scheletului fetal înainte de naștere. ⓪

Din punct de vedere histologic, celulele endocrine ale glandei tiroide sunt organizate în *foliculi tiroidieni*, în lumenul cărora sunt stocați hormonii tiroidieni sub forma unui material *coloid* (vezi histologia). Țesutul glandular dispune și de *celule parafoliculare*, numite și *celule C*, care secretă *calcitonina*, un hormon implicat în reglarea metabolismului calciului. ⓪

Sinteza și eliberarea hormonilor tiroidieni

Hormonii tiroidieni fac parte din categoria hormonilor aminici și sunt reprezentați de: *triiodtironină* (T_3) și *tetraiodtironină* sau *tiroxină* (T_4). ⓪

Acești hormoni sunt sintetizați în celulele foliculare prin încorporarea unui element anorganic - *iodul*, într-o structură organică ce conține aminoacidul *tirozină*. ⓪

Etapele sintezei hormonilor tiroidieni sunt:

- captarea iodului din sânge în celulele foliculare ale glandei;
- oxidarea iodului și încorporarea lui în moleculele de tirozină;
- cuplarea a două molecule de tirozine iodate pentru a forma T_3 și T_4.

Derularea acestor etape are loc numai dacă tirozinele sunt în prealabil înglobate într-o moleculă proteică cu greutate moleculară mare numită *tireoglobulină (TG)*. ①

Tireoglobulina este sintetizată ca orice moleculă proteică prin participarea ARNm, a ribozomilor și aparatului Golgi, fiind înglobată în vezicule și eliberată prin exocitoză în lumenul foliculului tiroidian. Această proteină are în structura sa reziduuri de tirozină. ①

1. Captarea iodului.

Iodul este preluat din hrană și absorbit în sânge, apoi transportat la glanda tiroidă care are o mare capacitate de a capta și depozita iodul. Captarea iodului are loc în mod activ, concentrația iodului fiind de 25-200 ori mai mare în mediul intracelular decât în plasma sanguină. ①

2. Incorporarea iodului în moleculele tirozinice ale tireoglobulinei.

In timpul traversării membranei apicale a celulelor foliculare, iodul este inclus în moleculele tirozinice ale tireoglobulinei, cu ajutorul unei enzime - *tiroid-peroxidază*. Enzima catalizează atât oxidarea iodului, cât și includerea iodului în ciclul benzenic al tirozinei. Se formează astfel două tipuri de

Scanned with OKEN Scanner

iodotirozine: monoiodtirozine (MIT), cu un singur iod înglobat şi diiodtirozine (DIT), cu două molecule de iod încorporate. ①

3. Cuplarea iodotirozinelor.

Din cuplarea a două molecule de DIT rezultă tetraiodtironina sau tiroxina (T_4), iar din unirea unei molecule de DIT cu una de MIT, rezultă triiodtironina (T_3). Aceste două *iodtironine* reprezintă hormonii tiroidieni care rămân ataşaţi de tireoglobulină până când necesităţile impun eliberarea lor. ①

Eliberarea hormonilor tiroidieni în sânge se realizează prin desprinderea lor de molecula de tireoglobulină. Enzimele proteolitice necesare scindării legăturilor peptidice prin care sunt ataşate T_3 şi T_4 de tireoglobulină sunt localizate intracelular în lizozomi. ①

Ⓞ Hormonii tiroidieni: T3, T4

Locul producerii: celule foliculare tiroidiene

Celule ţintă:
- toate celulele

Acţiuni:
- Creştere intrauterină şi postnatală, inclusiv dezvoltarea SNC
- Reglarea metabolismelor protidic, glucidic, lipidic la adult (efect general calorigen)

Mai întâi are loc endocitoza moleculelor de tireoglobulină în celulele foliculare. Sub acţiunea enzimelor lizozomale, se desprind de tireoglobulină, atât iodotirozinele, cât şi iodtironinele. Iodotirozinele sunt deiodate, în vederea reciclării iodului şi tirozinelor, iar iodtironinele T_3 şi T_4 trec în capilarele sanguine prin membrana bazală a celulei. ①

Transportul hormonilor tiroidieni necesită legarea lor de proteine plasmatice. Cel mai important transportor al hormonilor tiroidieni prin circulaţia sanguină este o globulină de legare a tiroxinei - *tiroxine binding globulin (TBG)*, care are mare afinitate pentru tiroxină (T_4), dar transportă într-o măsură mai mică şi T_3. Forma majoră sub care hormonii tiroidieni sunt transportaţi în sânge este aşadar T_4, dar molecula activă la nivelul celulelor ţintă este T_3, astfel că în ţesuturile periferice are loc deiodarea T_4 şi transformarea lui în T_3. ①

Reglarea sintezei şi eliberării hormonilor tiroidieni

TSH-ul adenohipofizar intervine în toate etapele sintezei hormonilor tiroidieni şi în eliberarea acestora. Mecanismul principal de control al nivelului h. tiroidieni este *feed-back*-ul exercitat la toate nivelele axului hipotalamo-hipofizo-tiroidian. ①

Impulsurile calorice exercitate asupra hipotalamusului influenţează activitatea glandei tiroide prin intermediul hormonilor hipotalamici (TRH) şi hipofizari (TSH). Astfel, frigul stimulează producerea h. tiroidieni, iar căldura are efect inhibitor. ①

Acţiunile hormonilor tiroidieni

Acţiuni celulare

Hormonii tiroidieni traversează membrana celulară după ce se desprind de TBG, apoi se fixează de *receptori specifici nucleari* şi influenţează transcripţia genelor implicate în sintezele proteinelor specifice din diverse ţesuturi: proteine pentru creştere şi maturare, enzime respiratorii mitocondriale, enzime implicate în oxidarea glucozei, acizilor graşi etc. ①

Scanned with OKEN Scanner

De asemenea, h. tiroidieni favorizează preluarea intracelulară a O_2 şi a substanţelor nutritive energetice (glucoza, acizii graşi) necesare "arderilor" metabolice şi producţiei de căldură. ①

Efectele generale ale hormonilor tiroidieni evidenţiază rolul lor asupra creşterii şi maturării la tineret şi asupra metabolismului glucidic, lipidic şi protidic la adult. ①

- *La tineret*, h. tiroidieni favorizează creşterea în lungime, erupţia dintilor, creşterea părului, dezvoltarea creierului şi mielinizarea axonilor. ①

Extirparea tiroidei la tineret determină stagnarea creşterii (*nanism tiroidian*) reducerea dezvoltării creierului (*cretinism*) şi a organelor sexuale (*infantilism sexual*). ②

- *La adult*, h. tiroidieni au *efect hipercatabolizant* şi, în consecinţă, *efect calorigen*; determină creşterea frecvenţei cardiace, a ventilaţiei pulmonare (aport crescut de oxigen), reducerea depozitelor energetice. ①

Excesul de h. tiroidieni determină scăderea în greutate şi creşterea concomitentă a temperaturii corporale, creşterea excitabilităţii nervoase. ②

Hipofuncţia tiroidiană tipică (frecventă la om, rară la animale în anumite regiuni ale lumii) este rezultatul deficienţei în iod şi, ca urmare, a incapacităţii glandei tiroide de a produce T_3 şi T_4. Absenţa h. tiroidieni în circulaţie determină creşterea sintezei de TSH prin mecanism de feed-back pozitiv. TSH-ul în cantitate mare stimulează glanda tiroidă să producă tireoglobulina, fără producerea efectivă a T_3 şi T_4. Astfel se acumulează coloid în lumenul foliculului tiroidian şi glanda se măreşte, aspect clinic numit *guşă*.

Guşa se produce nu numai în absenţa iodului în alimentaţie, ci şi în cazul blocării mecanismului de captare a iodului de anumite substanţe prezente în plante (de ex., goitrina din varză, napi etc.). ②

Ⓞ Calcitonina

Locul producerii:
celule parafoliculare tiroidiene

Organe ţintă:
- Os
- Rinichi

Acţiune:
- hipocalcemiantă

Calcitonina este un polipeptid sintetizat de celulele parafoliculare ale glandei tiroide, cu rol în reglarea metabolismului calciului (este *hormonul hipocalcemiant*). Ⓞ

Stimulul care declanşează secreţia de calcitonină este creşterea calciului sanguin. Readucerea lui în limitele normale se realizează prin *acţiuni exercitate asupra osului* (unde inhibă activitatea osteoclastelor eliberatoare de Ca^{2+}) şi *asupra rinichiului* (unde stimulează eliminarea Ca^{2+} prin urină). ①

Glandele paratiroide

Ⓞ Localizarea paratiroidelor

în apropierea tiroidei sau incluse în aceasta

Paratiroidele sunt glande mici (de dimensiunea bobului de fasole), localizate în apropierea glandei tiroide sau incluse în aceasta. Extirparea lor este incompatibilă cu viaţa. Ⓞ

Scanned with OKEN Scanner

Hormonul paratiroidian (PTH) este un polipeptid sintetizat de celule endocrine specifice ale glandelor paratiroide. Rolul PTH este de a regla metabolismul fosfo-calcic (este considerat *h. hipercalcemiant*). ⓪

Stimulul direct al secreției de PTH este scăderea nivelului sanguin al calciului. ⓪

Acțiunile PTH se exercită asupra următoarelor organe țintă: os, rinichi și intestin, și sunt orientate în sensul creșterii nivelului calciului sanguin (Ca^{2+}) și scăderii fosfatului sanguin (PO_4^-). ⓪

⓪ **PTH – hormonul paratiroidian**

Locul producerii:
celule endocrine ale gl. paratiroide

Organe țintă:
- Os
- Rinichi
- Intestin

Acțiune:
- hipercalcemiantă

Efectele PTH asupra osului

In mod normal, la nivelul osului, pe toată durata vieții, se mențin în echilibru procesele de osteogeneză (formarea de os nou), cu cele de osteoliză (resorbția osului vechi), împreună contribuind la permanenta remodelare osoasă. ⓪

Sub acțiunea PTH, sunt inhibate procesele de osteogeneză și stimulate cele de osteoliză. Osteoliza îmbracă două aspecte: osteoliza osteocitică și osteoliza osteoclastică. ①

- Primul proces este mai rapid și constă în absorbția Ca^{2+} din fluidul canaliculelor osului în sânge. Procesul se realizează cu ajutorul osteocitelor care formează o adevărată membrană între fluidul osos și mediul extracelular. Ele preiau Ca^{2+} și-l transferă mediului extracelular, apoi sângelui, fără pierdere de matrice proteică. ①

- Cel de-al doilea proces, realizat de către osteoclaste, constă în resorbția completă a osului mineralizat. PTH stimulează creșterea mărimii și numărului osteoclastelor, celule care dizolvă complet matricea osoasă prin acțiunea colagenazei și a enzimelor lizozomale. Sunt eliberați în sânge atât PO_4^- și Ca^{2+}, cât și aminoacizii constituenți ai matricei proteice a osului - hidroxiprolina si hidroxilizina. Deci, în acest caz se produce și pierdere de matrice proteică. ①

Efectele PTH asupra rinichiului constau în creșterea reabsorbției Ca^{2+} din tubul urinifer și totodată diminuarea reabsorbției PO_4^-. Aceste efecte inverse asigură menținerea raportului Ca:P în sânge în limite normale (obișnuit 2:1). ①

Efectele PTH asupra intestinului se exercită în mod indirect, prin stimularea activării vitaminei D, implicată în creșterea absorbției intestinale a calciului. ⓪

Sursa de vitamina D pentru organism poate fi exogenă (din hrană) sau endogenă (provenită din 7-dehidrocolesterolul cutanat sub acțiunea razelor ultraviolete). Vitamina D absorbită sau sintetizată este convertită în vitamina D activă printr-o serie de reacții care au loc în ficat și rinichi. Ultima conversie are loc în rinichi sub acțiunea PTH. ①

Derivatul activ al vitaminei D determină formarea proteinei care asigură transportul calciului în enterocit. Proteina de legare a Ca^{2+}, rămâne în celulă câteva săptămâni, asigurând un efect prelungit de absorbție intestinală a calciului. In același timp este favorizată și absorbția fosfatului. ①

Scanned with OKEN Scanner

Pancreasul endocrin

Pancreasul este o glandă cu secreție exocrină și endocrină. ⓪
Funcția exocrină a pancreasului se va discuta în capitolul "Fiziologia aparatului digestiv" .
Funcția endocrină a pancreasului este realizată de celule endocrine organizate în insule mici dispersate în tot pancreasul, numite *insulele Langerhans*. ⓪

⓪Structuri endocrine pancreatice
- Insulele Langerhans

In structura insulelelor Langerhans se află 4 tipuri principale de celule endocrine, fiecare producând hormoni diferiți. Aceste celule sunt:
- *celulele alfa* (α), care produc *glucagonul;*
- *celulele beta* (β), care produc *insulina*;
- *celulele delta* (δ) *sau D*, care produc *somatostatina*;
- *celulele F* - care produc *polipeptidul pancreatic.* ⓪

⓪ **Celule pancreatice și hormoni secretați**
Celule alfa: glucagonul
Celule beta: insulina
Celule delta: somatostatina
Celule F: PP polipeptidul pancreatic

Principalii hormoni pancreatici (insulina și glucagonul) sunt implicați în controlul metabolismului intermediar, dar în special în homeostazia glucozei. ⓪

Pancreasul are o *localizare strategică* (este situat între ansele duodenale), astfel încât hormonii pancreatici (insulina si glucagonul) și substanțele nutritive din alimente (glucoza, acizii grași, aminoacizii) ajung prin vena portă direct la ficat, centrul metabolic al organismului, unde se desfășoară majoritatea proceselor metabolice ale substanțelor nutritive. ①

Insulina

Insulina este un hormon proteic, alcătuit din două lanțuri polipeptidice.
Sinteza insulinei de către celulele β ale insulelor Langerhans se face după modelul general al sintezei hormonilor peptidici. ⓪
Inițial, gena insulinei determină sinteza unui preproinsulină din care se formează molecula de proinsulină, care conține atât insulina cât și un peptid de legătură - peptidul C. Ambele molecule sunt transferate aparatului Golgi și sunt înglobate în granulele de secreție, din care vor fi eliberate prin exocitoză în funcție de necesitățile metabolice. ①

Funcțiile insulinei sunt rezultatul acțiunilor exercitate asupra ficatului, mușchiului scheletic și țesutului adipos. ⓪
Datorită acțiunii sale de reducere a nivelului glucozei sanguine, atunci când acesta este crescut, insulina este considerată principalul *hormon hipoglicemiant*. Cu toate acestea, insulina acționează nu numai asupra metabolismului glucidic, ci și asupra metabolismului lipidic și protidic, în vederea conversiei glucozei, acizilor grași liberi (AGL) și aminoacizilor în formele lor de depozit: glicogen, trigliceride, proteine. ⓪

Scanned with OKEN Scanner

1. *Rolul insulinei asupra metabolismului glucidic.*

Membrana majorității celulelor organismului nu poate fi străbătută de glucoză, fără intervenția insulinei. Fac excepție câteva țesuturi ale căror celule trebuie să aibă acces permanent la glucoză: creierul, ficatul, celulele sanguine.Ⓞ

In cazul consumului unui prânz (tain) echilibrat sau bogat în glucide, insulina este secretată în cantitate mare și determină:

- *preluarea intracelulară a glucozei* în celulele musculare și celulele adipoase (în ficat, glucoza este reținută fără ajutorul insulinei);
- *creșterea glicogenogenezei* în ficat și mușchi, prin stimularea enzimei glicogen-sintetază;
- *creșterea glicolizei* prin stimularea enzimelor căii glicolitice (în țesuturile cu necesități energetice mari, insulina crește consumul glucozei de 5-6 ori);
- *favorizarea depozitării glucozei sub formă de trigliceride* în țesutul adipos. ①

Rezultatul net al acestor acțiuni metabolice este scăderea glucozei sanguine.

Ⓞ Insulina

Locul producerii:
- celulele beta pancreatice

Stimulul pentru eliberare:
- creșterea glucozei sanguine

Organe țintă:
- ficat
- mușchi scheletic
- țesut adipos

Acțiune:
- hipoglicemiantă
- conversia nutrienților în forme de depozit (efect general anabolizant)

2. *Rolul insulinei asupra metabolismului lipidic.*

In țesutul adipos, insulina favorizează *preluarea acizilor grași* din trigliceridele circulante *în celulele adipoase* (prin stimularea enzimei lipoprotein-lipază din endoteliul capilarelor țesutului adipos); cresc, astfel, depozitele de grăsime. ①

In ficat, insulina inhibă intrarea acizilor grași în calea β-oxidării și favorizează sinteza de acizi grași și colesterol. Crește astfel, conținutul în grăsime a ficatului. ①

3. *Rolul insulinei asupra metabolismului protidic.*

Insulina determină *preluarea aminoacizilor* în toate celulele organismului, dar în principal în celulele mușchiului scheletic; totodată, *stimulează sinteza proteică* prin inducerea fenomenului de transcripție și translație. Astfel, este stimulat anabolismul proteic și inhibat catabolismul proteic.①

In ficat, insulina induce sinteza albuminei, în pancreas, induce sinteza enzimelor pancreatice (amilaza pancreatică), în țesutul cartilaginos și osos determină creșterea sintezei proteinelor specifice, creșterea proliferării celulare. Aceste acțiuni dovedesc implicarea insulinei în creștere, în regenerarea țesuturilor și în remodelarea osoasă.②

Modul de acțiune a insulinei la nivel celular

Insulina se leagă de un receptor specific membranar. Imediat are loc autofosforilarea cu ATP a receptorului, astfel încât acesta capătă activitate kinazică. Receptorul fosforilat declanșează direct sau prin intermediul unui mesager secundar - AMPc, o întreagă cascadă de reacții prin care sunt activate enzimele căilor metabolice glucidice, lipidice sau protidice. ②

Scanned with OKEN Scanner

In mod specific, insulina determină *sinteza proteinei transportoare* a glucozei şi a aminoacizilor. Această proteină transportoare este înglobată în membrana celulară şi ea asigură transportul în celulă al glucozei, respectiv al aminoacizilor. ②

Reglarea secreţiei de insulină

- Factorul principal al reglării secreţiei de insulină este *concentraţia glucozei în sânge.* Creşterea concentraţiei glucozei sanguine determină sinteza şi eliberarea insulinei. Molecula de glucoză însăşi acţionează asupra celulelor beta pancreatice şi induce sinteza şi eliberarea insulinei.①

- Un alt mecanism de reglare este *acţiunea locală paracrină* a celorlalţi hormoni pancreatici: glucagonul stimulează secreţia de insulină, iar somatostatina pancreatică inhibă secreţia de insulină. ①

- Insulina este secretată imediat după ingestia hranei, înainte de absorbţia glucozei în sânge, ceea ce dovedeşte existenţa unui mecanism de reglare prin *hormonii gastro-intestinali* (gastrina, secretina, colecistokinina). Aceştia sunt produşi de celulele endocrine ale tractusului gastro-intestinal la contactul alimentelor cu mucoasa gastrică, apoi se absorb în sânge şi ajung rapid la pancreas unde induc sinteza insulinei. ②

Glucagonul

Ⓞ Glucagonul
Locul producerii: - celulele alfa pancreatice
Stimulul pentru eliberare: - scăderea glucozei sanguine
Organe ţintă: - ficat - muşchi scheletic - ţesut adipos
Acţiune: - hiperglicemiantă - eliberarea nutrienţilor energetici din depozite

Glucagonul este un hormon peptidic cu un singur lanţ de aminoacizi.

Sinteza glucagonului de către celulele α ale insulelor Langerhans se face sub formă de preproglucagon, din care se formează în final glucagonul şi o serie de copeptide depozitate în granule de secreţie.Ⓞ

Acţiunile glucagonului sunt opuse celor ale insulinei, în marea lor majoritate. Deoarece glucagonul asigură eliberarea glucozei în sânge, este considerat principalul *hormon hiperglicemiant.* Dar acţiunile glucagonului, ca şi cele ale insulinei, se exercită asupra tuturor metabolismelor intermediare: glucidic, lipidic şi protidic şi la nivelul celor trei ţesuturi metabolice: ficat, muşchi şi ţesut adipos.Ⓞ

Glucagonul determină:

- *stimularea glicogenolizei* la nivelul ficatului şi muşchiului şi favorizarea eliberării glucosei rezultate în sânge;

- stimularea sintezei "de novo" a glucozei (*gluconeogeneză hepatică*) prin utilizarea aminoacizilor;

- favorizarea intrării AGL în calea β-oxidării şi stimularea sintezei corpilor cetonici (*cetogeneză hepatică*);

- stimularea lipolizei (mobilizării AGL din adipocite).①

Acţiunea glucagonului la nivelul celulelor ţintă se exercită prin cuplarea cu receptorul specific, geneza unui mesager secundar (AMPc) şi modificarea activităţii enzimelor căilor metabolioce în sens invers faţă de modificarea indusă de insulină.①

Scanned with OKEN Scanner

Reglarea secreției de glucagon

- Principalul factor de reglare este *nivelul glucozei sanguine*. Scăderea glucozei sanguine determină o creștere a secreției de glucagon de 2-4 ori.⓪

- Secreția de glucagon este influențată și de *acțiunea paracrină* a hormonilor pancreatici: insulina, ca și somatostatina inhibă secreția de glucagon.①

- Consumul unui prânz (tain) bogat în proteine determină creșterea secreției de glucagon (aminoacizii fiind necesari gluconeogenezei), dar concomitent crește și sinteza insulinei în vederea preluării aminoacizilor în celulele musculare.②

- Prelungirea perioadei interprandiale (dintre 2 prânzuri) și exercițiul susținut sporesc secreția de glucagon, care asigură mobilizarea rezervelor energetice.②

Somatostatina pancreatică

Inițial, a fost descoperită somatostatina hipotalamică (aceasta inhibă secreția hormonului de creștere). S-a descoperit mai târziu că și celulele D pancreatice secretă o moleculă identică - somatostatina pancreatică. ⓪

Funcțiile principale ale somatostatinei pancreatice sunt:

- reglarea funcției celulelor endocrine ale pancreasului (efectul său este inhibitor asupra secreției de insulină si glucagon);

- inhibarea activității tractusului gastro-intestinal prin reducerea digestiei și absorbției substanțelor nutritive.①

Aceste acțiuni asigură o bună coordonare între procesele digestive și cele metabolice.

Glandele suprarenale

Suprarenalele sunt glande mici, pereche, legate de polii craniali ai rinichilor. ⓪

Din punct de vedere funcțional, glandele suprarenale au două zone:

- o zonă corticală (corticosuprarenala);

- o zonă medulară (medulosuprarenala), aceasta din urmă fiind un ganglion ortosimpatic modificat, ai căror neuroni s-au transformat în celule secretoare. ⓪

⓪Glandele suprarenale
-Corticosuprarenala
-Medulosuprarenala

Aceste două structuri pot fi considerate glande separate, cu origine embrionară diferită (vezi histologia), dar sunt plasate împreună deoarece ambele glande secretă hormoni care asigură *adaptarea organismului la stres*. Orice stare de suprasolicitare (stres fizic sau psihic) este însoțită de creșterea dimensiunilor glandelor suprarenale. ①

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Glanda corticosuprarenală

Glanda corticosuprarenală are trei zone:
- o zonă glomerulară, care secretă hormoni mineralocorticoizi;
- o zonă fasciculată, care secretă hormoni glucocorticoizi;
- o zonă reticulată, care secretă atât h. glucocorticoizi, cât şi hormoni sexoizi.Ⓞ

Structuri endocrine corticosuprarenale

- zona glomerulară: h. mineralocorticoizi
- zona fasciculată: h. glucocorticoizi
- zona reticulată: h. sexoizi şi glucocorticoizi

Sinteza hormonilor steroizi ai glandei corticosuprarenale

Hormonii secretaţi de glandele corticosuprarenale aparţin grupei hormonilor steroizi, care sunt sintetizaţi din colesterol. Celulele corticosuprarenalei conţin picături lipidice bogate în esteri de colesterol. Ⓞ

Prima etapă a sintezei h. steroizi este hidroliza esterilor de colesterol şi eliberarea *pregnenolonului* - substratul sintezei tuturor h. steroizi.①

In următoarele etape, în funcţie de prezenţa sau absenţa unor enzime specifice, cele trei zone ale corticosuprarenalei produc hormonii specifici: h. mineralocorticoizi (reprezentatntul principal: aldosteronul); h. glucocorticoizi (reprezentatntul principal: cortizolul); h. sexoizi (estrogeni, progesteron şi androgeni). ①

Funcţiile hormonilor mineralocorticoizi şi reglarea secreţiei lor

H. mineralocorticoizi (*aldosteronul*) au ca principale efecte fiziologice: menţinerea echilibrului hidroelectrolitic al organismului şi reglarea presiunii sângelui. ①

Ⓞ H.mineralocorticoizi

Locul producerii:
- zona glomerulară a CS

Reprezentantul:
- aldosteronul

Organul ţintă:
- Rinichiul

Acţiune:
- Reabsorbţia Na^+ şi reţinerea apei
- eliminarea K^+ şi a H^+

Organul ţintă asupra căruia acţionează aldosteronul este rinichiul: la nivelul tubului contort distal, determină *reabsorbţia* Na^+ (cu reţinerea concomitentă a apei) şi *eliminarea* K^+ *şi a ionilor de* H^+.Ⓞ

Disfuncţia secreţiei h. mineralocorticoizi determină acidoză sau alcaloză metabolică.②

Reglarea secreţiei h. mineralocorticoizi se face prin:
- sistemul renină-angiotensină;
- concentraţia sanguină a K^+.①

Renina este o enzimă produsă de aparatul juxtaglomerular al rinichiului ca răspuns la scăderea presiunii sângelui sau la reducerea concentraţiei Na^+ din lichidul interstiţial renal. Renina acţionează asupra unei globuline sintetizate de ficat şi eliberată în sânge, pe care o transformă în *angiotensină I*; angiotensina I devine activă prin transformarea ei în *angiotensină II*, care acţionează asupra zonei glomerulare a corticosuprarenalei şi stimulează secreţia de aldosteron; angiotensina II acţionează şi asupra vaselor de sânge având efect vasoconstrictor. Reţinerea Na^+ şi a apei (realizată de aldosteron) şi vasoconstricţia determină creşterea presiunii arteriale. ②

Astfel, *sistemul renină-angiotensină-aldosteron* este un mecanism important al reglării presiunii sângelui.①

Un alt factor de control al secreției h. mineralocorticoizi este *concentrația K^+ în sânge*: creșterea concentrației K^+ stimulează secreția de aldosteron, iar scăderea concentrației K^+ reduce secreția de aldosteron.①

Funcțiile hormonilor glucocorticoizi și reglarea secreției lor

H. glucocorticoizi (prin reprezentantul lor *cortizolul*) au ca rol principal controlul metabolismului intermediar:

- în metabolismul glucidic: *efect hiperglicemiant* (prin stimularea gluconeogenezei hepatice și inhibarea preluării glucozei în mușchi și țesutul adipos);
- în metabolismul lipidic: *efect lipolitic* (prin mobilizarea AG din adipocite);
- în metabolismul proteic: efect de *catabolizare a proteinelor* și eliberarea aminoacizilor necesari pentru susținerea gluconeogenezei.①

Una dintre cele mai importante utilizări în terapeutică ale h. glucocorticoizi (există glucocorticoizi de sinteză cu importante utilizări terapeutice: prednison, dexametazonă etc) este *inhibarea răspunsului inflamator*, precum și *inhibarea reacțiilor alergice.* ②

Reglarea secreției de glucocorticoizi se face prin intermediul axului hipotalamo-hipofizar (mecanism de feed-back negativ lung). Secreția hormonilor în axul hipotalamus-hipofiză-corticosuprarenală (*CRH-ACTH-cortizol*) este influențată de:

- *ritmul circadian* (secreția de cortizol este mică în cursul nopții și crește în cursul dimineții);
- *factorii de stres* (concentrația cortizolului în sânge crește în câteva minute ca răspuns la factorii de stres).②

Hormonii sexoizi (estrogenii, progesteronul, androgenii) au acțiune similară cu a hormonilor secretați de gonade. Corticosuprarenalele secretă în principal hormoni androgeni, atât la masculi cât și la femele. De aceea, hipercorticismul la femele are *efect virilizant* (masculinizare). ②

⓪ H.gluco-corticoizi
Locul producerii: - zona fasciculată și reticulată a CS
Reprezentantul: - cortizolul
Organe țintă: - organe metabolice
Acțiune: - hiperglicemiantă - lipolitică - catabolizarea proteinelor

Glanda medulosuprarenală

⓪ Structuri endocrine medulo-suprarenale
celule cromafine (neuroni simpatici modificați)
Hormoni secretați: catecolamine (E și NE)

Glanda medulosuprarenală ocupă partea centrală a glandei suprarenale și este alcătuită din celule secretorii numite *celule cromafine*, provenite din neuroni ganglionari ortosimpatici modificați. ⓪

Hormonii medulosuprarenalei sunt cunoscuți sub termenul generic de *catecolamine* și includ: epinefrina (E) și norepinefrina (NE), termeni sinonimi pentru adrenalină, respectiv noradrenalină.⓪

Sinteza catecolaminelor

Procesul de sinteză a catecolaminelor începe de la aminoacidul fenilalanină sau tirozină, mai frecvent de la tirozină. Succesiunea reacțiilor este următoarea:

Scanned with OKEN Scanner

- conversia tirozinei în *DOPA (dihidroxifenilalanină)* sub acțiunea enzimei *tirozin hidroxilază (TH)*;

- conversia DOPA în *dopamină* sub acțiunea enzimei *dopa decarboxilază*;

- conversia dopaminei în *norepinefrină (NE)* sub acțiunea unei enzime cheie prezente în granulele cromafine - *dopamin hidroxilază*;

- conversia norepinefrinei în *epinefrină (E)* sub acțiunea unei enzime din citosol. ①

Există celule care secretă norepinefrină și alte celule care secretă epinefrină. La majoritatea animalelor, predomină secreția de epinefrină (adrenalină). Enzima de conversie a NE în E este activată de cortizol (se dovedește încă o dată importanța asocierii anatomice a corticosuprarenalei și medulosuprarenalei). ①

Acțiunile catecolaminelor

Catecolaminele intervin în reglarea metabolismului intermediar (glucidic, lipidic, protidic) și în adaptarea rapidă a organismului la stres. ⓪

Acțiunea catecolaminelor este mediată de receptorii adrenergici (α și β) localizați în celulele țintă.

- *Efectele metabolice* sunt: *efect hiperglicemiant* prin creșterea glicogenolizei hepatice și musculare și stimularea gluconeogenezei hepatice; *efect lipolitic* prin stimularea lipazei care mobilizează AG din adipocite. ①

- *Efectele cardiovasculare* sunt: creșterea forței de contracție și a frecvenței cardiace; vasoconstricție periferică și creșterea presiunii arteriale; vasodilatație în vasele coronare și în vasele musculaturii scheletice. Toate aceste efecte sunt benefice în "reacția de alarmă", prima fază a mecanismului de adaptare la stres. ①

- *Efectele asupra musculaturii netede* a organelor interne sunt în general de relaxare a musculaturii pereților și de contracție a sfincterelor (fiind inhibată golirea lor). ①

Reglarea secreției de catecolamine. Factorii care stimulează secreția de catecolamine sunt hipoglicemia și condițiile de stres. ①

⓪ **Catecolamine**

Locul producerii: - celule cromafine ale MS
Reprezentanti: - Epinefrina (E) - Norepinefrina (NE)
Stimuli: - stresul - hipoglicemia
Acțiune: - hiperglicemiantă - lipolitică - efecte cardio-vasculare de adaptare la stres

Funcția endocrină a gonadelor

Gonadele au o dublă funcție: exocrină (asigurând eliberarea celulelor sexuale: ovulul și spermatozoidul) și endocrină (asigurând sinteza hormonilor sexuali masculini și feminini). ⓪

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

Ⓞ Hormonii sexuali

Masculini:
- h. androgeni

Feminini:
- h. estrogeni
- h. progestageni

Ⓞ H. androgeni

Locul producerii:
- celulele Leydig ale testiculului

Reprezentant:
- Testosteronul

Acțiuni:
- dezvoltarea caracterelor sexuale secundare – manifestarea libidoului

Ⓞ H. sexuali feminini

Locul producerii:
- foliculul ovarian

Reprezentanți:
- h. estrogeni (Es)
- progesteron (Pg)

Acțiuni:
Es: manifestarea căldurilor
Pg: h. liniștii, protejează gestația

Hormonii sexuali masculini

Hormonii sexuali masculini sunt *hormonii androgeni*. Principalul reprezentant al hormonilor androgeni este *testosteronul*. Ei sunt secretați de celulele interstițiale Leydig ale testiculelor, pornind de la colesterol. Ⓞ

Rolul hormonilor androgeni, după vârsta pubertății, este de a asigura dezvoltarea caracterelor sexuale secundare (de exemplu, creasta la cocoș, coarnele la cerb) și manifestarea libidoului.①

In plus, hormonii androgeni au efect stimulator asupra anabolismului proteic, favorizând astfel dezvoltarea musculaturii. ①

Hormonii sexuali feminini

Hormonii sexuali feminini sunt secretați de ovar. Aceștia sunt: hormonii estrogeni și progesteronul.Ⓞ

Hormonii estrogeni au ca reprezentanți principali *estrona* și *estradiolul*: sunt sintetizați de celulele tecii interne ale foliculului ovarian matur. Ei determină apariția estrului (manifestarea căldurilor).①

- La nivelul uterului, h. estrogeni favorizează dezvoltarea endometrului proliferativ (multiplicarea celulelor mucoasei uterine). De asemenea, estrogenii sensibilizează uterul la acțiunea ocitocinei. ①

- La nivelul glandei mamare determină dezvoltarea canalelor galactofore și creșterea dimensiunilor glandei. ①

- La nivelul oaselor, estrogenii favorizează depunerea calciului.①

Progesteronul (hormonul matern) este produs de corpul galben, care apare pe ovar în urma dehiscenței foliculare (ovulației). Dacă nu s-a produs fecundația, corpul galben regresează, dacă însă a avut loc fecundația, corpul galben se dezvoltă și devine funcțional, adică secretă progesteron. Progesteronul acționează asupra uterului, determinând apariția endometrului secretor, care favorizează nidația zigotului. Progesteronul împiedică contracțiile uterine, asigurând astfel menținerea gestației instalate. De asemenea, asigură dezvoltarea glandei mamare, pregătind-o pentru viitoarea lactație. ①

Progesteronul este considerat "hormonul liniștii", el împiedică apariția căldurilor la femela gestantă, protejând gestația deja instalată.Ⓞ

In afara hormonilor sexuali steroizi, care sunt sintetizați din colesterol, ovarul produce o serie de alți hormoni nesteroidici. Unul dintre aceștia este *relaxina*, un hormon peptidic, care este sintetizat de corpul galben al femelelor gestante, având rolul de a relaxa ligamentele articulațiilor bazinului în timpul fătării.①

Reglarea secreției hormoilor sexuali este realizată în funcție de nivelul acestor hormoni în sânge, cu participarea axului hipotalamo-hipofizar (Gn-RH, hormonii gonadotropi hipofizari).①

Bibliografie selectivă

1. ***Badiu, Gh., I. Teodorescu-Exarcu*** – Fiziologia şi fiziopatologia sistemului nervos, Ed. Medicală, Bucureşti, 1978
2. ***Berne, R., M. Levy*** – *Principles of Physiology*, Wolfe Publishing Ltd., London, 1990
3. ***Constantin, N., M. Cotruţ, A. Şonea*** – *Fiziologia animalelor domestice*, Ed. Coral Sanivet, 1998
4. ***Constantin, N. şi colab.*** – *Tratat de Medicină Veterinară*, vol. I, Ed. Tehnică, Bucureşti, 2001
5. ***Cotruţ, M.*** – *Fiziologia animalelor domestice*, curs lito, Iasi, 1992
6. ***Cunningham, J. and colab.*** – *Textbook of Veterinary Physiology*, Ed. W.B. Saunders Comp., Philadelphia, 1992
7. ***Groza, P.*** – *Fiziologie*, Ed. Medicală, Bucureşti, 1991
8. ***Hefco, V.*** – *Fiziologia animalelor si a omului*, Ed. Did. si Pedag., Bucureşti, 1997
9. ***Hăulică, I. şi colab.*** – *Fiziologie umană*, Ed. Medicală, Bucureşti, 1996
10. ***Marcu, Elena, Geta Pavel*** – *Fiziologie*, Ed. Vasiliana'98, Iaşi, 1999
11. ***Mărgărint, Iolanda, Ana Chelaru*** – Fiziologia animalelor, Ed. Ion Ionescu de la Brad, Iaşi, 1999.
12. ***Patton, H.D. and colab.*** - Textbook of Physiology, vol.I, II, Ed. W.B. Saunders Company, Saunders International Edition., 1989
13. ***Pavel, Geta, Ana Chelaru*** – *Fiziologie animală*, Casa de editură Venus, Iasi, 2001
14. ***Porth, C M. and colab.*** – *Pathophysiology*, Ed. Lippincott Company, Philadelphia, 1990
15. ***Reece, W.*** – *Physiology of Domestic Animals*, Lea & Febiger, Philadelphia-London, 1991
16. ***Ruckebusch, Y., L. Phaneuf, R. Dunlop*** – *Physiology of Small and Large Animals*, Ed. B.C. Decker, Philadelphia-Hamilton, 1991
17. ***Thibodeau, G., K. Patton*** – *Anatomy and Physilogy*, Mosby Inc., Missouri, 1999
18. ***Vander, A., J. Sherman, Doroty Luciano*** – *Human Physiology*, Ed. McGraw-Hill Publishing Company, New York
19. ***Module Systeme nerveux*** , U. P. de Physiologie et Therapeutique, ENV Alfort, 1996 (Prof. Dr. ***H. Brugere***)
20. ** *Module Endocrinologie*, U. P. de Physiologie et Therapeutique, ENV Alfort, 1996 (Prof. Dr. ***H. Brugere***)

Scanned with OKEN Scanner

Tipar Digital realizat la **Tipografia** pim
Şoseaua Ştefan cel Mare nr. 11
Iaşi – 700498
Tel./fax: **0232-212740**
e-mail: **editurapim@pimcopy.ro**
www.pimcopy.ro

Scanned with OKEN Scanner

ISBN 973-8377-93-5

9 789738 377936

Scanned with OKEN Scanner